# ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1913 Г. ТОМЪ 14. № 3.

## О фосфоресценціи и флуоресценціи.

А. В. Самсонова[1]).

### I. Линейная флуоресценція.

Флуоресценція газовъ вообще нѣсколько отличается отъ флуоресценціи растворовъ и твердыхъ тѣлъ. Въ то время, какъ во второмъ случаѣ мы вообще наблюдаемъ одну или нѣсколько широкихъ полосъ, съ опредѣленно выраженнымъ максимумомъ и расплывчатыми границами, въ спектрѣ флуоресценціи газовъ мы наблюдаемъ вообще серіи линій и отдѣльныя линіи, подобныя, а иногда и тождественныя съ линіями испусканія этихъ газовъ, когда они находятся въ накаленномъ состояніи. Спектръ флуоресценціи оказывается вообще совпадающимъ со спектромъ поглощенія даннаго газа или пара. Правило Стокса въ данномъ случаѣ является вообще совершенно не примѣнимымъ, и активные лучи могутъ вызывать флуоресценцію большей преломляемости.

Просматривая таблицы спектровъ флуоресценціи, мы выносимъ только впечатлѣніе, что большинство линій въ спектрѣ флуоресценціи имѣютъ меньшую длину волны, чѣмъ возбуждающій источникъ свѣта. Это касается по крайней мѣрѣ паровъ іода, литія, натрія, калія, рубидія и ртути.

Свойствомъ флуоресцировать обладаютъ также пары многихъ органическихъ соединеній, напримѣръ антрацена, фенантрена, ретена, антрахинона, хризена, индиго, нафталина, нафтазарина[2]). Эта, еще мало изученная, флуоресценція повидимому напоминаетъ скорѣе флуоресценцію твер-

---

[1]) См. „Физическое Обозрѣніе". №№ 1 и 2, 1913 г.

[2]) E. Wiedemann und G. C. Schmidt. Über Lichtemission Organischen Substanzen im gasförmigem, flüssigem und festem Zustand. W. A. 86—18 (1895).

дыхъ и жидкихъ тѣлъ. Обладая спектромъ поглощенія въ ультрафіолетовой части спектра, они даютъ флуоресценцію въ видимой части спектра.

Флуоресценція паровъ іода впервые была найдена Ломмелемъ; ее легко наблюдать въ эвакуированныхъ стеклянныхъ сосудахъ. Наиболѣе активными являются зеленые лучи. Освѣщая черезъ зеленое стекло, особенно легко наблюдать оранжевую флуоресценцію паровъ іода. Ломмель нашелъ ее сплошной и состоящей изъ краснаго, желтаго и зеленаго цвѣтовъ. Канальчатый характеръ этого спектра не былъ найденъ Ломмелемъ вслѣдствіе того, что при его методѣ наблюденія сглаживались различія интенсивности въ спектрѣ испусканія, вслѣдствіе ослабленія посредствомъ поглощенія наиболѣе интенсивныхъ частей его (Вудъ).

Главнѣйшія работы, касающіяся линейной флуоресценціи, или „флуоресценціи резонанса", принадлежатъ Вуду и его ученикамъ [1]).

Для наблюденія Вудъ пользовался или стеклянными сосудами (іодъ), или металлическими трубками съ кварцевыми

---

[1]) R. W. Wood. Die Rezonanzspectra des Natriumdampfes. Ph. Z. 9—450 (1908).

— Über Emission polarisierten Lichtes seitens fluorescierender Gaze. Ph. Z. 9—590 (1908).

— Die vollständige Balmer'sche Serie im Spectrum des Natriums. Ph. Z. 10—258 (1909).

— Die selektive Reflexion monochromatischen Lichtes am Quecqsilberdampf. Ph. Z. 10—425 (1909).

— Absorbtion, magnetische Rotation und anormale Dispersion des Quecqsilberdampfes. Ph. Z. 10—466 (1909).

— Absorbtion, Fluorescenz und magnetische Drehung des Natriumdampfes im Ultraviolett. Ph. Z. 10—913 (1909).

R. W. Wood nnd J. Frank. Über die Überführung des Resonanzspectrums der Jodfluorescenz in ein Bandenspectrum durch Zumischung von Helium. Ph. Z. 12—81 (1911).

R. W. Wood. Resonanzspectren des Joddampfes und ihre Vernichtung durch Gase der Heliumgruppe. Ph. Z. 12—1204 (1911).

— Selektive Reflexion, Zerstreuung und Absorbtion durch resonierende gasmoleküle. Ph. Z. 13—353 (1912).

P. S. Carter. Absorbtion und Fluorescenz des Rubidiumdampfes. Ph. Z. 11—632 (1910).

R. W. Wood. Resonanzspectra von Joddampf bei vielfacher Erregung. Ph. Z. 14—177 (1913).

окнами (пары щелочныхъ металловъ), или кварцевыми колбочками (пары ртути). Для освѣщенія онъ употреблялъ ртутную лампу и дуговыя лампы съ металлическими стержнями; для фотографированія и наблюденія—диффракціонные аппараты.

Спектръ поглощенія паровъ натрія состоитъ при достаточной дисперсіи (Вудъ пользуется 21 футовой вогнутой диффракціонной рѣшеткой) изъ весьма многочисленныхъ линій (до 30 на протяженіи не больше, чѣмъ на разстояніи между D—линіями натріева спектра). Эти линіи отдѣлены другъ отъ друга промежутками еще болѣе узкими, чѣмъ самыя линіи, такъ что спектръ по своему внѣшнему виду болѣе похожъ на спектръ испусканія свѣтящагося пара, чѣмъ на спектръ поглощенія. Вудъ называетъ этотъ спектръ канальчатымъ. Каначальтый спектръ протягивается черезъ всю видимую часть, только зелено-синіе лучи проходятъ безъ измѣненія.

Кромѣ каначальтаго спектра пары натрія даютъ двойныя линіи поглощенія Бальмеровой серіи; къ этой серіи принадлежатъ и D—линіи. При не очень большой плотности паровъ въ зелено-желтой части спектра свѣтъ проходитъ безъ измѣненія въ то время, какъ въ остальной части распространяется канальчатый спектръ. При увеличеніи плотности канальчатый спектръ захватываетъ съ обѣихъ сторонъ эту полосу. Обѣ части встрѣчаются при 5500 Å. E., нѣсколько ниже D—линій. Повидимому и остальныя линіи Бальмеровой серіи, лежащія уже въ ультрафіолетовой части спектра, сопровождаются канальчатымъ спектромъ, имѣющимъ однако лишь одну часть.

При освѣщеніи бѣлымъ свѣтомъ получается спектръ флуоресценціи, вполнѣ соотвѣтствующій спектру поглощенія. Большое количество линій не даетъ возможности разобраться въ ихъ закономѣрномъ расположеніи. При освѣщеніи монохроматическимъ свѣтомъ получается, однако, не весь канальчатый спектръ, а только немногія линіи, одна „серія“. D—линіи возбуждаются и линіями канальчатаго спектра видимой области, что указываетъ на связь между механизмомъ этого спектра и механизмомъ D—линій. D—линіи не возбуждаются свѣтомъ, принадлежащимъ къ канальчатому

ультрафіолетовому спектру. При возбужденіи одной линіей какой-нибудь серіи возбуждаются вообще всѣ линіи этой серіи, измѣняется только относительная интенсивность. Правило Стокса такимъ образомъ не находитъ себѣ примѣненія въ данномъ случаѣ.

Длины волны линій каждой серіи возбужденной монохроматическимъ свѣтомъ составляютъ ариѳметическую прогрессію; такую серію должна была-бы испускать система кругообразно вращающихся электроновъ въ томъ случаѣ, если-бы въ систему была внесена пертурбація.

Освѣщая пары натрія свѣтомъ D-линій, мы получаемъ флуоресценцію, спектръ которой состоитъ исключительно изъ D-линій. Здѣсь мы имѣемъ явленіе чистаго резонанса. Аналогичную флуоресценцію даютъ пары другихъ щелочныхъ металловъ, ртути и іода.

Пары ртути являются особенно удобными для изслѣдованія, потому что они не такъ дѣйствуютъ на стѣнки сосудовъ, тѣмъ болѣе, что можно работать при болѣе низкой температурѣ.

Особенно красиво явленіе чистаго резонанса въ парахъ ртути; аналогичной D-линіямъ здѣсь является линія 2536 μμ. Представимъ себѣ, что, увеличивая концентрацію паровъ ртути, мы приближаемъ молекулы газа другъ къ другу.

Вудъ думаетъ, что, согласно принципу Гюйгенса, отдѣльныя свѣтовыя волны, исходящія отъ отдѣльныхъ атомовъ или резонаторовъ, при достаточной близости таковыхъ другъ къ другу, соединятся въ одну волну. Вмѣсто некоординированнаго лучеиспусканія флуоресценціи мы получаемъ правильное отраженіе, являющееся въ данномъ случаѣ селективнымъ, относительно длины волны. Отраженный свѣтъ неполяризованъ.

Линія 2536 μμ. особенно ярка въ спектрѣ флуоресценціи. Ее можно наблюдать уже при обыкновенной температурѣ; для ея обнаруженія достаточно освѣтить предварительно эвакуированный сосудъ, на дно котораго помѣщена капля ртути; плотность паровъ ртути при комнатной температурѣ достаточна для обнаруженія флуоресценціи.

Мы видѣли, какъ съ возрастающей плотностью флуоресценція переходитъ въ отраженіе. Интересенъ вопросъ,

до какой степени должны совпадать линіи источника свѣта съ спектральными линіями поглощенія для того, чтобы наступило отраженіе. Оказывается, что при относительно меньшей плотности паровъ ртути отражалась, напримѣръ, линія спектра желѣзной дуги 2537,67 Å.-Е.; при большей-же плотности сверхъ этой линія 2537 Å.-Е. (двойная). Линія поглощенія въ парахъ ртути имѣетъ длину волны 2536,7 Å.-Е. Причина этого явленія еще не выяснена. Объясненіе нужно искать въ возможномъ измѣненіи спектра поглощенія при измѣненіи плотности.

Кромѣ этого первичнаго лучеиспусканія Вудъ наблюдалъ еще и вторичное. Свѣтящимся оказывается не только паръ, лежащій на пути возбуждающихъ лучей, но и внѣ ихъ.

Присутствіе малѣйшихъ слѣдовъ воздуха, еще не вліяющихъ на первичное лучеиспусканіе, уничтожаетъ вторичное, послѣднее исчезаетъ и при увеличеніи плотности паровъ ртути. Вудъ приписываетъ вторичное испусканіе тому, что молекулы продолжаютъ испускать колебанія нѣкоторое время послѣ того, какъ онѣ, диффундируя, покинули свѣтовое поле (своего рода фосфоресценція).

Замѣчательна резонансная лампа Вуда, испускающая свѣтъ длины волны 2536,7, построенная на принципѣ селективнаго отраженія. Свѣтъ этой лампы по всей вѣроятности гораздо болѣе монохроматиченъ, чѣмъ всѣ другіе источники свѣта, бывшіе до сихъ поръ въ употребленіи.

Во всѣхъ этихъ изслѣдованіяхъ большую роль играетъ монохроматичность источника свѣта. Какъ извѣстно, спектральныя линіи всѣхъ источниковъ свѣта не абсолютно монохроматичны. Всякая спектральная линія соотвѣтствуетъ не точно заданной длинѣ волны $\lambda$, а нѣкоторой болѣе или менѣе узкой полосѣ отъ $\lambda$ до $\lambda + \Delta\lambda$. Эта конечная ширина спектральныхъ линій и дѣлаетъ вообще возможнымъ изслѣдованія, подобныя разсматриваемымъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ едва-ли было-бы возможнымъ найти источникъ свѣта, спектральныя линіи котораго совпадали-бы съ линіями поглощенія изслѣдуемаго тѣла. Какъ извѣстно, съ повышеніемъ температуры и плотности спектральныя линіи расширяются.

Изслѣдуя спектры резонанса паровъ іода, Вудъ получалъ различные спектры, пользуясь для возбужденія одной и той-же линіей ртутной лампы, въ одномъ случаѣ стеклянной, въ другомъ—кварцевой, работающей при болѣе высокой температурѣ. Такимъ образомъ небольшія измѣненія въ длинѣ волны возбуждающаго источника свѣта вызывали большее измѣненіе въ спектрѣ испусканія. Выяснить причину этого явленія отчасти удалось Вуду въ его новѣйшей работѣ, благодаря особенно мощному диффракціонному спектрографу съ 40 футовымъ фокуснымъ разстояніемъ плоской рѣшетки, разрѣшающая способность которой равна 0,018 Å.-Е.

Спектръ резонанса паровъ іода состоитъ изъ трехъ дуплетныхъ серій, вызываемыхъ уже упомянутой зеленой линіей и двумя желтыми линіями ртутной лампы. Дуплеты находятся на приблизительно равномъ разстояніи другъ отъ друга и расходятся въ сторону большей длины волны. Разстояніе между двумя членами дуплетовъ практически тождественны.

Въ началѣ Вудъ думалъ, что каждая линія дуплетовъ принадлежитъ къ отдѣльной серіи, и что обѣ серіи возбуждаются двумя сосѣдними линіями. Однако, эту мысль пришлось отвергнуть, такъ какъ въ такомъ случаѣ члены дуплетовъ должны были-бы расходиться въ одну сторону спектра. Изъ этихъ серій болѣе регулярна серія, вызванная зеленой линіей. Въ ней не достаетъ двухъ линій, и это является вообще характернымъ для спектровъ резонанса.

Каждый дуплетъ серіи сопровождается спутниками (трабантами). Число и расположеніе трабантовъ совершенно различно въ спектрахъ, вызванныхъ зеленой линіей различныхъ ртутныхъ лампъ; но совпадаютъ вполнѣ и всѣ главныя линіи дуплетовъ.

При разсмотрѣніи посредствомъ новыхъ мощныхъ аппаратовъ спектръ поглощенія паровъ іода оказывается необыкновенно сложнымъ; онъ содержитъ по приблизительному подсчету до 50000 линій въ видимой области спектра. На протяженіи, занятомъ зеленой линіей 5461, ихъ семь: 5460,966, 5460,910, 5460,873, 5460,768, 5460,716, 5460,640, 5460,579.

Линія 5461 ртутнаго спектра по Майкельсону состоитъ изъ четырехъ линій. Сложность линій 5461 проявляется и на фотографіяхъ, данныхъ Вудомъ. При болѣе низкой температурѣ главная линія изъ этихъ четырехъ располагается какъ разъ между 3-й и 4-й линіей поглощенія паровъ іода. При повышеніи температуры, которое происходитъ отъ самонагрѣванія ртутной лампы во время горѣнія, эта линія расширяется и занимаетъ все пространство занятое упомянутыми линіями іода. При этомъ линія ртути претерпѣваетъ самообращеніе въ центрѣ.

При сравненіи упомянутыхъ семи линій въ спектрѣ поглощенія іода со спектромъ резонанса (дуплеты съ трабантами), сходство расположенія линій бросается въ глаза. Только масштабъ въ спектрѣ резонанса больше разъ въ тридцать. Первоначальную гипотезу, что отдѣльныя линіи въ дуплетахъ резонанса вызываются резонированіемъ отдѣльныхъ линій поглощенія, приходится повидимому отбросить, однако не подлежитъ никакому сомнѣнію, что измѣненіе распредѣленія интенсивности въ зеленой линіи ртутной лампы, на протяженіи семи линій поглощенія паровъ іода, имѣетъ слѣдствіемъ видоизмѣненіе спектра резонанса.

Какъ путь дальнѣйшаго изслѣдованія, Вудъ намѣчаетъ возможность возбуждать флуоресценцію, соотвѣтствующую не всѣмъ семи линіямъ іода, а только нѣкоторымъ, пользуясь свѣтовыми фильтрами и варіируя ртутную лампу. Удобнымъ фильтромъ оказались пары брома, нѣкоторыя линіи въ спектрѣ поглощенія котораго совпадаютъ съ нѣкоторыми изъ семи линій іода.

Оказывается, что этотъ фильтръ дѣйствительно сильно видоизмѣняетъ спектръ резонанса. Достойно вниманія, что вообще совпадаетъ гораздо больше линій, чѣмъ можно было-бы ожидать въ случаѣ произвольнаго ихъ расположенія; спектры оказались на всемъ протяженіи очень сходными.

Вудъ думаетъ, что это слѣдуетъ приписать тому, что въ тѣхъ и другихъ атомахъ содержатся тождественныя системы электроновъ.

Вудъ называетъ разсмотрѣнный выше случай, когда спектральная линія достаточно широка, чтобы возбуждать

резонированіе сосѣднихъ періодовъ колебанія, **сложнымъ возбужденіемъ**.

Съ измѣненіемъ температуры пара интенсивность флуоресценціи вообще уменьшается, но расположеніе линій не измѣняется.

Примѣси постороннихъ газовъ вообще уменьшаютъ или уничтожаютъ флуоресценцію. Для уничтоженія флуоресценціи въ парахъ ртути достаточно присутствія воздуха. Особенно характерно это явленіе въ парахъ іода. Достаточно 80 мм. гелія, чтобы совершенно уничтожить флуоресценцію. При меньшей концентраціи гелія флуоресценція обнаруживается. Въ спектроскопѣ мы увидимъ однако не характерный спектръ резонанса, получаемый при возбужденіи монохроматическимъ свѣтомъ, а почти сплошной полосчатый спектръ, напоминающій спектръ флуоресценціи, получаемый при возбужденіи бѣлымъ свѣтомъ. Съ уменьшеніемъ концентраціи гелія спектръ постепенно приближается къ нормальному. Аналогично дѣйствуютъ и другіе благородные газы; всѣ они ослабляютъ линейчатый спектръ и при достаточной концентраціи уничтожаютъ его. Способность давать взамѣнъ этого спектра полосчатый, подобно гелію, уменьшается съ повышеніемъ атомнаго вѣса и исчезаетъ у ксенона. Электроотрицательные газы также уничтожаютъ линейный спектръ и не даютъ полосчатаго.

Вудъ даетъ слѣдующее объясненіе вліянія постороннихъ газовъ: въ чистыхъ парахъ отдѣльныя системы электроновъ каждаго атома (каждый атомъ представляется, какъ составленный изъ многихъ системъ электроновъ съ отдѣльными центрами притяженія) испускаютъ каждая свою серію, не вліяя другъ на друга. Атомы гелія, встрѣчаясь съ атомами флуоресцирующихъ паровъ, измѣняютъ эту независимость. Атомы электроотрицательныхъ паровъ имѣютъ тоже вліяніе, уничтожая кромѣ того совсѣмъ колебательное движеніе электроновъ.

Достойно вниманія то, что большинство линій, встрѣчающихся въ спектрахъ резонанса, магнито-активны въ спектрахъ поглощенія этихъ паровъ.

До сихъ поръ мы наблюдали поляризованную флуоресценцію только у анизотропныхъ тѣлъ. Полная некоорди-

нированность колебаній была нами признана характерной для флуоресценціи. Въ флуоресценціи металлическихъ паровъ и паровъ іода мы наблюдали гораздо болѣе близкую связь между возбуждающими и возбужденными колебаніями, и въ правѣ ожидать, что тутъ координація возбуждающихъ колебаній должна имѣть вліяніе на направленіе возбужденныхъ колебаній. Вудъ находитъ, что при возбужденіи поляризованнымъ свѣтомъ до 30% флуоресценціи паровъ натрія поляризовано въ той же плоскости. У іода онъ находитъ 17%. Пары калія даютъ тотъ-же результатъ, что и пары натрія, въ то время какъ флуоресценція паровъ ртути остается совершенно неполяризованной.

Въ виду характернаго различія между наблюденными Вудомъ явленіями и флуоресценціей жидкихъ и твердыхъ тѣлъ, онъ не примѣняетъ въ данномъ случаѣ обозначенія флуоресценція, а говоритъ о резонансѣ.

Мы думаемъ, однако, что и для этой луминесценціи слѣдуетъ оставить названіе флуоресценціи: большая независимость атомовъ отъ вліянія среды и другихъ атомовъ имѣетъ слѣдствіемъ большую простоту и характерность явленій. Великолѣпныя работы Вуда позволяютъ намъ болѣе глубоко проникнуть въ механизмъ луминесценціи, чѣмъ это было возможно до сихъ поръ.

Первымъ, нашедшимъ D-линіи въ спектрѣ флуоресценціи и указавшимъ на чистый резонансъ въ данномъ случаѣ, былъ Пуччіанти [1]). Гартлей [2]) впервые наблюдалъ флуоресценцію паровъ ртути.

Штейбингъ [3]) также изслѣдовалъ флуоресценцію ртутныхъ паровъ и даже въ области Шумановыхъ лучей. Ртутные пары, флуоресцирующіе подъ вліяніемъ лучей длины волны 2536 μμ., становятся проводникомъ электричества, т. е. іонизируются. Такую іонизацію требуетъ теорія флуоресценціи, данная Штаркомъ.

---

[1]) L. Puccianti. Sulla Fluorescenza dell vapore di sodio. Nuovo Cimento 8, (1904).

[2]) W. N. Hartley. The absorptionspectrum and fluorescence of mercury vapour. Proc. Royal Soc. 76—428 (1905).

[3]) W. Steubing. Fluorescenz und Jonisation der Quecqsilberdampfes. Ph. Z. X—787 (1909).

Цикендратъ[1]) изслѣдовалъ флуоресценцію паровъ натрія въ связи съ проводимостью въ присутствіи другихъ газовъ. Проводимость измѣняется во время флуоресценціи, и это измѣненіе въ свою очередь зависитъ отъ присутствія посторонних газовъ.

## II. Теоріи флуоресценціи.

Въ нашу задачу не входитъ разсмотрѣніе всѣхъ или даже большинства теорій флуоресценціи. Желающіе найдутъ полный обзоръ и литературу въ упомянутомъ Handbuch'ѣ Кайзера.

Мы-же ограничимся тѣмъ, что постараемся дать понятіе о важнѣйшихъ чертахъ данныхъ намъ теорій. При этомъ мы не можемъ входить въ разсмотрѣніе математической разработки этихъ теорій, выходящей изъ рамокъ нашей задачи. Детальное разсмотрѣніе затрудняется еще и тѣмъ, что пока нѣтъ сколько нибудь полной и свободной отъ противорѣчій теоріи флуоресценціи. Ни одной изъ этихъ теорій нельзя придавать большаго значенія, чѣмъ рабочей гипотезѣ. Чѣмъ проще и чѣмъ свободнѣй отъ произвола подобная гипотеза, тѣмъ лучшую службу она вообще можетъ сослужить.

Жертвуя полнотой и не стараясь исчерпать вопроса, мы постараемся обозначить просто и объективно главныя направленія научной мысли въ этой области.

Первое основаніе для теорій какъ флуоресценціи, такъ и фосфоресценціи было положено Стоксомъ, признавшимъ въ этихъ явленіяхъ прежде всего измѣненіе періода свѣтовыхъ колебаній. Для него свѣтъ флуоресценціи—слѣдствіе затухающихъ колебаній молекулъ, выведенныхъ изъ положенія равновѣсія возбуждающимъ источникомъ свѣта.

Ломмель вполнѣ развилъ и разработалъ эту основную мысль Стокса. Главный вопросъ, на который должна отвѣтить всякая резонансная теорія, это существованіе сплошного спектра флуоресценціи, занимающаго обширныя области, даже при возбужденіи монохроматическимъ свѣтомъ. Объясняется

[1]) H. Zickendraht. Untersuchungen am fluorescierendem Natriumdampf. Ph. Z. IX—593 (1908).

это разложеніемъ затухающаго колебательнаго движенія по ряду Фурье. Въ явленіи звука, какъ извѣстно, даже самое сильное затуханіе не вызываетъ сплошного спектра. Критика часто обрушивалась именно на это мѣсто теоріи Ломмеля. Однако, объясненіе появленія сплошного спектра физической интерпретаціей ряда Фурье получило полное право гражданства въ современной оптикѣ (Гуи, Лордъ Рэлей [1]). Аналогія, какъ и въ другихъ случаяхъ, можетъ оборваться уже вслѣдствіе несоразмѣрности резонаторовъ и волнъ въ явленіяхъ звука и соразмѣрности таковыхъ въ явленіяхъ свѣта.

Теорія Ломмеля въ полной своей разработкѣ предвидитъ особыя распредѣленія въ спектрѣ поглощенія, предвидитъ кромѣ насильственныхъ колебаній—свободныя колебанія и обертоны. Правило Стокса по теоріи Ломмеля оправдываться не должно. Полемика около правила Стокса была вмѣстѣ съ тѣмъ полемикой около теоріи Ломмеля. Въ то время, какъ въ этомъ послѣднемъ мѣстѣ изслѣдованіе подтвердило взглядъ Ломмеля, выводы его относительно распредѣленія свѣта въ спектрахъ поглощенія и испусканія не подтвердились на опытѣ. Теперь не подлежитъ никакому сомнѣнію, что чисто резонансная теорія Ломмеля не въ состояніи совмѣстить всѣ данныя опыта.

Другимъ типомъ теоріи является химическая теорія Видемана и Шмидта, о которой мы говорили въ отдѣлѣ фосфоресценціи: лучи свѣта производятъ химическую реакцію, или разлагая данное тѣло, или измѣняя распредѣленіе атомовъ въ молекулѣ. При обратномъ процессѣ происходитъ лучеиспусканіе. Теорія Видемана, объясняющая вліяніе растворителя и вообще среды, является недостаточной, когда приходится объяснить несомнѣнно существующую зависимость между возбужденными и возбуждающими колебаніями, т. е. ту область явленій, для которой напрашивается резонансная теорія.

Наиболѣе совершенной изъ современныхъ теорій является теорія Фогта. Фогтъ комбинируетъ теоріи Ломмеля и Видемана. Подобно Видеману, онъ кладетъ въ основу хими-

---

[1]) См. A. Schuster. Einführung in die Theoretische Optik. Deutsche Uebersetzung von H. Konen. Leipzig. Teubner's Verlag.

ческую реакцію. Тѣло изъ состоянія $A$ съ періодомъ колебанія $\nu_0$ переходитъ въ состояніе $B$ съ періодомъ $\nu$. $A$ поглощаетъ свѣтъ періода $\nu_0$ и испускаетъ таковой-же. Если оно переходитъ въ В, то исходитъ свѣтъ періода $\nu$. Если переходъ совершается мгновенно, то испускается только $\nu$. Разлагая затухающія колебанія періода $\nu$ по ряду Фурье, Фогтъ подобно Ломмелю получаетъ сплошной спектръ. Въ математическую разработку теоріи Фогта, идущей отчасти очень глубоко въ суть вопроса, мы здѣсь не будемъ вдаваться.

Въ послѣднее время получила распространеніе еще теорія Дж. Дж. Томсона, дающая отчасти новый принципъ по сравненію съ упомянутыми двумя типами теорій флуоресценціи.

Томсонъ допускаетъ, что всякая молекула начинаетъ свѣтиться, когда ея энергія достигла критическаго состоянія; количество энергіи необходимое для этого можетъ быть внесено и свѣтовыми лучами, и мы имѣемъ тогда флуоресценцію или фосфоресценцію.

Коненъ[1]) указываетъ, что эта теорія не заключаетъ въ себѣ въ сущности ничего новаго по сравненію съ теоріей Видемана, если отбросить не поддающуюся провѣркѣ предпосылку.

Ко взглядамъ Ленара, являющимся также комбинаціей идей Ломмеля и Видемана, мы возвращаться не будемъ.

Кромѣ этой физической стороны теоріи, отвѣчающей на вопросъ: какъ происходитъ свѣченіе, подверглась разработкѣ другая сторона вопроса, химическая, отвѣчающая на вопросъ: какъ построены свѣтящіяся молекулы? До сихъ поръ разработкѣ подверглись только органическія соединенія, для которыхъ теорія химической валентности даетъ намъ структуру. Структура атомовъ намъ совершенно неизвѣстна.

Свѣтъ поглощается не только молекулами, но и атомами. Атомы имѣютъ свой спектръ поглощенія. Соединяясь между собой, атомы вносятъ въ соединеніе свои оптическія свойства. Эти свойства проявляются въ соединеніяхъ не чисто аддитивно, ибо въ этомъ случаѣ спектръ соединенія

[1]) Авторъ статьи о флуоресценціи въ упомянутомъ Handbuch'ѣ Кайзера.

зависѣлъ-бы только отъ его эмпирической, а не структурной формулы, и спектръ поглощенія ацетилена ($C \equiv H$) былъ бы тождественъ со спектромъ бензола

$$\left( \begin{array}{ccc} & CH & \\ CH & & CH \\ | & & \| \\ CH & & CH \\ & CH & \end{array} \right),$$

формула Кекуле, что, однако, не вѣрно.

Штаркъ[1]) пытается обосновать мнѣніе, что какъ способность поглощенія, такъ и флуоресценція, принадлежатъ только атому, и что свойства атома входятъ только аддитивно въ свойства соединеній. При измѣненіи расположенія и связи атомовъ перемѣщаются только полосы поглощенія, не измѣняясь; химическая сторона вопроса не играетъ поэтому никакой роли. Мнѣ кажется, что взглядъ Штарка основанъ на недоразумѣніи, и въ его-же словахъ содержится въ сущности утвержденіе противоположнаго. Признавая вліяніе химическаго строенія на перемѣщенія полосъ, мы тѣмъ самымъ признаемъ связь между поглощеніемъ и химическимъ строеніемъ. Кромѣ того, во многихъ случаяхъ опытъ не можетъ даже разрѣшить сомнѣнія относительно перемѣщенія старыхъ и появленія новыхъ полосъ.

И когда мы говоримъ, что данныя полосы не новы, а перемѣстились изъ недоступныхъ намъ областей спектра, или были намъ недоступны вслѣдствіе ихъ слабости, то это произволъ, и въ лучшемъ случаѣ гипотеза, а не теорія.

Затѣмъ всякое перемѣщеніе валентностей, всякое измѣненіе ихъ напряженія, всякое отщепленіе электрона—есть уже химическая реакція. И если мы допустимъ, для примѣра, что электронъ, соединяющій два атома, является источникомъ свѣта, то самъ Штаркъ не разрѣшитъ, къ какому именно изъ друхъ атомовъ онъ принадлежитъ.

Итакъ, вопросъ о связи между химическимъ строеніемъ и флуоресценціей и поглощеніемъ свѣта имѣетъ несомнѣнный смыслъ, а отвѣтъ на него прежде всего долженъ открыть намъ подробности строенія матеріи.

---

[1]) J. Stark. Über den Zusammenhang zwischen Fluorescenz und chemicher Konstitution. Z. für. Elektrochemie. 18—1011 (1912); другія работы Штарка см. въ Phyz. Z. за послѣдніе годы.

Вопросъ о связи между флуоресценціей и химическимъ строеніемъ былъ предметомъ многихъ экспериментальныхъ изслѣдованій. Изъ многочисленныхъ схемъ этой связи разсмотримъ схему Кауфмана [1]). Бензолъ и многія соединенія, содержащія бензольное ядро, луминесцируютъ подъ вліяніемъ электрическихъ разрядовъ въ видимой части спектра, но не флуоресцируютъ въ видимой части подъ вліяніемъ свѣта. Бензольное ядро Кауфманъ называетъ луминофоромъ. Для того, чтобы луминофоръ пріобрѣлъ способность флуоресцировать, необходимо ввести въ соединеніе одинъ изъ характерныхъ радикаловъ, который получаетъ названіе флуорогена.

Флуорогенами являются, напримѣръ, карбоксильная группа, нитрогруппа, бензольное кольцо и т. п. Вліяніе флуорогена зависитъ отъ его расположенія въ молекулѣ относительно ауксохромныхъ группъ. Далѣе подробно изучается вліяніе различныхъ флуорогеновъ и находится цѣлый рядъ закономѣрностей.

Уже Коненъ (1908 г.) указываетъ на произвольность ограниченія видимой флуоресценціей и на то, что открытыя закономѣрности могли-бы быть совершенно иными, если-бы мы расширили условія опыта.

Это оправдалось, когда Штаркъ [2]) нашелъ, что бензолъ флуоресцируетъ въ ультрафіолетовой области спектра. Штаркъ и Мейеръ [3]) изслѣдовали флуоресценцію многихъ ароматическихъ соединеній, до того считавшихся не флуоресцирующими, въ ультрафіолетовой части спектра.

Такимъ образомъ флуорогены Кауфмана только перемѣщали флуоресценцію изъ ультрафіолетовой области въ видимую, а не создавали ее. Въ новѣйшей своей книгѣ Кауфманъ [4]) видоизмѣняетъ свою схему въ такой мѣрѣ однако, которая равносильна созданію новой.

---

[1]) Hugo Kauffmann. Die Beziehungen zwischen Fluorescenz und chemischer Konstitution. Stuttgart. 1906.

[2]) J. Stark. Über Fluorescenz und Absorbtion im Bandenspectrum und über ultraviolette Fluorescenz des Benzols. Ph. Z. 8—81 (1907).

[3]) J. Stark und R. Meyer. Beobachungen über die Fluorescenz der Benzolderivaten. Ph. Z. 8—250 (1907).

[4]) Die Valenzlehre. Stuttgart. 1911.

Для Штарка флуоресцируетъ каждое тѣло, имѣющее спектръ поглощенія въ видѣ полосъ. Такимъ образомъ остался-бы вопросъ только о связи между поглощеніемъ свѣта и химическимъ строеніемъ.

Мы уже раньше имѣли случай указать, что во всѣхъ случаяхъ, когда измѣняется поглощеніе, измѣняется и флуоресценція. Вмѣстѣ съ тѣмъ мы выдѣли, что существуютъ указанія на возможность того, что флуоресценція является при этомъ не только функцiей поглощенія, и что цвѣтъ флуоресценціи является не только функціей цвѣта тѣлъ. Этотъ вопросъ открывается и при изученіи вліянія химическаго строенія; отвѣтъ на него можетъ дать только весьма полное изслѣдованіе, которое современной наукой только начато.

Извѣстно не мало случаевъ, когда флуоресценція не имѣетъ мѣста, несмотря на имѣющійся на лицо полосчатый спектръ поглощенія. Штаркъ [1]) пытается выйти изъ затрудненія, допуская, что въ этомъ случаѣ поглощается весь свѣтъ флуоресценціи, и такую флуоресценцію онъ называетъ скрытой.

Необходимость параллельнаго изученія поглощенія и флуоресценціи признаютъ Лей и фонъ-Энгельгардъ [2]) въ ихъ изслѣдованіи. Они приходятъ къ выводу, что въ изученныхъ ими случаяхъ тѣ химическія измѣненія, которыя усиливали флуоресценцію, усиливали вообще и селективное поглощеніе.

Лейпцигъ.

---

[1]) J. Stark. Zur Energetik und Chemie der Bandenspektra. Ph. Z. 9—85 (1908).

[2]) H. Ley und L. v. Engelhardt. Über ultraviolette Fluorescenz und chemische Konstitution. Z. f. Ph. Ch. 74—1 (1910).

## О самовозбужденіи динамомашинъ.

А. Л. Королькова.

Весьма часто про самовозбуждающіяся динамомашины говорятъ, что вслѣдствіе остаточнаго намагничиванія сердечниковъ электромагнитовъ, во вращающемся якорѣ, замкнутомъ на внѣшнее сопротивленіе, появляется слабый индуктированный токъ; этотъ послѣдній, обходя по обмоткѣ электромагнитовъ, усиливаетъ магнитное поле, что усиливаетъ индуктированный токъ; отъ этого усиливается намагничиваніе и т. д., пока желѣзо не намагнитится до насыщенія. Послѣднее невѣрно—желѣзо намагнитится не до насыщенія, а только до опредѣленной величины, тѣмъ меньшей, чѣмъ больше омическое сопротивленіе цѣпи. Такъ какъ объясненіе этого явленія дается не всегда правильно съ физической точки зрѣнія, то я позволю себѣ коснуться этого вопроса въ „Физическомъ Обозрѣніи“.

Буду предполагать, что магниты намагничиваются тѣмъ-же токомъ $i$, который идетъ во внѣшней цѣпи; полное сопротивленіе цѣпи есть $r$.

Формула Ома $\left(i = \frac{e}{r}\right)$ примѣнима только для установившагося тока; при замыканіи, напримѣръ, тока въ первый моментъ сила тока равна нулю, каковы бы ни были $e$ и $r$.

Также и въ динамомашинѣ вслѣдствіе остаточнаго магнитизма имѣется нѣкоторая малая электродвижущая сила $e_0$, но въ первые моменты послѣ замыканія на сопротивленіе $r$ сила тока начинаетъ расти отъ нуля, растетъ и электродвижущая сила $e$, но сила тока вначалѣ не равна $\frac{e}{r}$. Электрическая мощность динамомашины (получаемая, конечно, на счетъ работы двигателя) равна $ei$. Эта мощность тратится

на нагрѣваніе цѣпи ($i^2r$) и на намагничиваніе желѣза ($M$),

$$ei = i^2r + M.$$

Въ этомъ уравненіи $e$ растетъ пропорціонально намагничиванію желѣза (магнитному потоку), которое въ свою очередь растетъ съ увеличеніемъ намагничивающаго тока $i$, но медленнѣе, чѣмъ $i$. Поэтому $ei$ растетъ медленнѣе, чѣмъ $i^2$. Мощность, затрачиваемая на нагрѣваніе ($i^2r$), растетъ пропорціонально $i^2$. Поэтому слагаемое $M$, характеризующее работу, затраченную на намагничиваніе, дѣлается все менѣе и менѣе. Дальнѣйшее намагничиваніе прекратится, когда $ei$ сравняется съ $i^2r$

$$ei = i^2r;$$

т. е. когда выполнится условіе

$$i = \frac{e}{r}.$$

При большихъ сопротивленіяхъ $r_0$ можетъ случиться, что при самомъ маломъ начальномъ токѣ уже вся работа тока $e_0i_0$ уйдетъ на нагрѣваніе проводовъ ($i_0^2r_0$), и ничего не останется на намагничиваніе (критическое сопротивленіе).

Покажемъ теперь, что условіе $i = \frac{e}{r}$ отвѣчаетъ устойчивому ходу машины, т. е. при случайныхъ увеличеніяхъ силы тока $i$ (отъ постороннихъ причинъ) машина сама стремится возвратиться къ прежней силѣ тока. Въ самомъ дѣлѣ, при увеличеніи $i$ во сколько нибудь разъ намагничиваніе желѣза и электродвижущая сила $e$ возрастутъ въ меньшее число разъ. Поэтому новое $i_1$ станетъ больше новаго $\frac{e_1}{r}$. Токъ $i_1$ послѣ устраненія постороннихъ воздѣйствій самъ собою уменьшится, уменьшится и $e_1$, пока опять не выполнится условіе $i = \frac{e}{r}$.

Точно также при уменьшеніи $i$ во сколько нибудь разъ, $e$ уменьшится, но медленнѣе, чѣмъ $i$; $i$ станетъ меньше, чѣмъ $\frac{e}{r}$; токъ начнетъ расти, пока не выполнится условіе $i = \frac{e}{r}$.

Во всѣхъ предыдущихъ разсужденіяхъ все было основано на томъ фактѣ, что намагничиваніе желѣза электромагнитовъ, а потому и $e$, растетъ медленнѣе, чѣмъ сила тока. Особенно ясно выступаютъ съ формальной стороны полученные результаты, если принять, что намагничиваніе желѣза и электродвижущая сила машины растутъ по закону, выражаемому формулою Фрелиха

$$e = \frac{ai}{1+bi} \text{ (}a\text{ и }b\text{ суть постоянныя величины).}$$

Тогда намагничиваніе желѣза и возрастаніе $e$ и $i$ прекратятся, когда мощность тока $ei$ сравняется съ мощностью, идущею по закону Джоуля на нагрѣваніе провода $r$,

$$ei = i^2 r.$$

$$\frac{ai^2}{1+bi} = i^2 r.$$

$$i = \frac{a-r}{br} = \frac{a}{br} - \frac{1}{b}.$$

Отсюда видно, что при данномъ $r$ сила тока можетъ возрасти только до опредѣленной величины $\frac{a}{br} - \frac{1}{b}$.

При достаточно большомъ сопротивленіи (критическомъ) токъ не можетъ возникнуть совсѣмъ. Это будетъ при $a = r$ (критическое сопротивленіе).

Значеніе постоянной величины $b$ найдется, если измѣримъ наибольшій токъ $J$ при короткомъ замыканіи, когда все сопротивленіе цѣпи равно только сопротивленію $r$ обмотокъ машины.

Тогда
$$J = \frac{1}{b}\left(\frac{a-r}{r}\right),$$

$$b = \frac{1}{J} \frac{a-r}{r}.$$

С.-Петербургъ.
Физическая лабораторія Михайловской Академіи.

# О фотоэлектрическомъ эффектѣ.

Б. В. Ильина.

Въ настоящее время съ развитіемъ и разработкой электронной теоріи вещества особый интересъ къ себѣ вызываютъ явленія, такъ или иначе связанныя съ распадомъ вещества.

Тотъ пересмотръ физическихъ представленій, который былъ вызванъ открытіемъ Кюри, всѣмъ еще памятенъ.

На этой почвѣ возникъ рядъ изслѣдованій по радіоактивнымъ явленіямъ.

Но рядомъ съ этимъ обратили на себя вниманіе и такія явленія, которымъ раньше, можетъ быть, давали другое толкованіе. Я говорю о дѣйствіи свѣта на матерію, о фотоэлектрическомъ эффектѣ. Характеръ и теорія возникающихъ здѣсь явленій въ настоящее время еще не могутъ считаться вполнѣ выясненными.

Все это въ связи съ возможностью экспериментальнымъ изслѣдованіемъ этихъ явленій провѣрить выводы электронной теоріи вызываетъ необходимость познакомиться съ тѣмъ, что извѣстно, и особенно съ фактами, добытыми опытомъ и не подлежащими сомнѣнію.

## Теорія явленія.

Прежде всего остановимся на общей схемѣ того физическаго процесса, который здѣсь протекаетъ.

Представимъ себѣ физическое тѣло, на поверхность котораго падаютъ волны лучистой энергіи. Каждое физическое тѣло представляетъ изъ себя систему „связанныхъ“ движущихся частицъ (молекулъ или атомовъ), скорость которыхъ

опредѣляется температурой. Мало того, каждая такая частица, согласно электронной теоріи, состоитъ изъ колеблющихся электроновъ, движеніе и силы взаимодѣйствія которыхъ опредѣляютъ то, что принято называть сферой дѣйствія молекулы.

Разсмотримъ же, какое дѣйствіе могутъ оказать волны лучистой энергіи на молекулу.

Волны лучистой энергіи, представляющія изъ себя особый типъ пертурбацій опредѣленной частоты, падая на молекулу, сообщаютъ толчки электронамъ, колеблющимся въ молекулѣ, причемъ толчки эти слѣдуютъ чрезъ опредѣленные промежутки времени, опредѣляемые періодомъ. Можетъ случиться, что періодъ колебаній опредѣленнаго электрона соотвѣтствуетъ періоду колебаній свѣтовой волны; въ такомъ случаѣ толчки будутъ происходить въ тактъ колебаніямъ самого электрона и будутъ раскачивать его съ каждымъ разомъ все больше и больше. Произойдетъ то, что называется резонансомъ. Электронъ будетъ резонировать свѣтовой волнѣ.

Это именно будетъ въ случаѣ абсорбціи лучистой энергіи тѣломъ.

Можетъ случиться, что электронъ, раскачиваясь все больше и больше, наконецъ порветъ связь съ молекулой и будетъ выброшенъ изъ сферы ея дѣйствія.

Такимъ образомъ мы видимъ, что потокъ лучистой энергіи, падая на молекулу, можетъ вызвать выхожденіе (полетъ) резонирующихъ электроновъ изъ вещества.

Разумѣется, на дѣлѣ процессы эти значительно осложняются въ виду того, что въ дѣйствительности мы имѣемъ не одну молекулу, а цѣлый комплексъ, систему молекулъ, между собою взаимодѣйствующихъ, движущихся съ опредѣленной скоростью и сталкивающихся. Все это измѣняетъ тѣ простыя условія воздѣйствія лучистой энергіи на электроны, о которыхъ мы только что говорили; но это усложненіе во всякомъ случаѣ не мѣняетъ общаго характера этого вліянія, и выдѣленіе электроновъ будетъ происходить. Въ промежуткахъ между столкновеніями молекулъ выдѣленіе это можетъ происходить и въ только что разсмотрѣнныхъ простыхъ условіяхъ.

При соудареніи же молекулъ (собственно говоря, соударенія въ смыслѣ соприкосновенія не бываетъ, и молекулы мѣняютъ направленіе своего движенія до соприкосновенія, вслѣдствіе чего нѣтъ рѣзкаго нарушенія внутри молекулярнаго равновѣсія, даже распаденія молекулы, которое было бы при настоящемъ ударѣ) характеръ процесса мѣняется въ томъ смыслѣ, что столкновеніе молекулъ вызываетъ такія движенія электроновъ, которыя или будутъ благопріятствовать и усиливать воздѣйствіе свѣта или, наоборотъ, будутъ ему противодѣйствовать, будутъ его компенсировать.

Отъ этого можетъ мѣняться—увеличиваться или уменьшаться—количество выдѣляющихся (освобождающихся) электроновъ. Но во всякомъ случаѣ качественная сторона явленія та же, какъ и въ тѣхъ простыхъ условіяхъ, съ которыхъ мы начали.

Потокъ лучистой энергіи, падая на физическое тѣло, вызываетъ резонансъ электроновъ, вслѣдствіе чего электроны выталкиваются изъ состава молекулы.

Та теорія, которую я здѣсь изложилъ, пользуется опредѣленной моделью молекулы или атома и опирается на вполнѣ опредѣленное представленіе о механизмѣ протекающаго здѣсь процесса.

Но нужно отмѣтить, что въ настоящее время много новаго и интереснаго внесла въ теорію фотоэлектрическаго эффекта такъ называемая теорія атомистической структуры лучистой энергіи.

Я не буду останавливаться на причинахъ, вызвавшихъ ея появленіе, на тѣхъ новыхъ, на первый взглядъ парадоксальныхъ представленіяхъ, на которыя она опирается; изложеніе этого можно найти въ статьѣ А. Ф. Іоффе [1]); укажу только на то, что эта теорія не основывается на томъ или другомъ представленіи о внутреннемъ механизмѣ фотоэлекрическаго явленія, оставляетъ этотъ вопросъ открытымъ и въ то-же время приводитъ къ интереснымъ выводамъ, которые могутъ быть провѣрены экспериментально.

Основное положеніе этой теоріи въ томъ, что электромагнитнымъ резонансомъ (молекулой) свѣтъ

---

[1]) А. Ф. Іоффе. „Вопросы физики". XLIV, р. 37, 1912.

испускается и поглощается порціями, представляющими кратное $h\nu$, гдѣ $\nu$ — число собственныхъ колебаній резонатора, а $h$ — универсальная постоянная, равная $6{,}55 \cdot 10^{-27}$ erg. sec.

Теорію атомистической структуры свѣта еще нельзя считать вполнѣ разработанной и законченной [1]); много еще здѣсь неяснаго и недоговореннаго, но несомнѣнная цѣнность этой теоріи въ томъ, что она обобщаетъ, охватываетъ, такъ сказать, одной формулой цѣлый рядъ разнообразныхъ физическихъ явленій.

Разсмотримъ теперь экспериментальныя изслѣдованія въ области фотоэлектрическаго эффекта.

## Основные факты.

Одной изъ первыхъ работъ, сдѣланныхъ въ этомъ направленіи, была работа московскаго проф. Столѣтова[2]), который назвалъ возникающія здѣсь явленія актино-электрическими. Онъ помѣщаетъ два металлическихъ диска другъ противъ друга на разстояніи 2—3 мм., соединяетъ одинъ изъ нихъ съ положительнымъ, другой съ отрицательнымъ полюсомъ гальванической батареи и включаетъ въ это соединеніе астатическій гальванометръ Томсона. Тогда такое соединеніе не является замкнутымъ, такъ какъ слой воздуха, лежащій между дисками, не пропускаетъ тока, и гальванометръ не отклоняется. Если же освѣтить отрицательный электродъ, то наблюдается скачекъ гальванометра.

Освѣщеніе должно быть одностороннимъ; освѣщаться долженъ только одинъ электродъ, такъ какъ при освѣщеніи 2-хъ электродовъ явленіе осложняется.

И Столѣтовъ далъ остроумное осуществленіе такого односторонняго освѣщенія (фиг. 1). Онъ беретъ одинъ металлическій дискъ $A$, служащій положительнымъ электродомъ, въ видѣ сѣтки изъ металлической проволоки, помѣщаетъ передъ этой сѣткой вольтову дугу $B$, свѣтъ которой, свободно проходя чрезъ ячейки сѣтчатаго электрода, падаетъ на по-

[1]) См. Блокъ „Современныя гипотезы о структурѣ свѣта". „Физическое Обозрѣніе". XII, 1911, стр. 309.

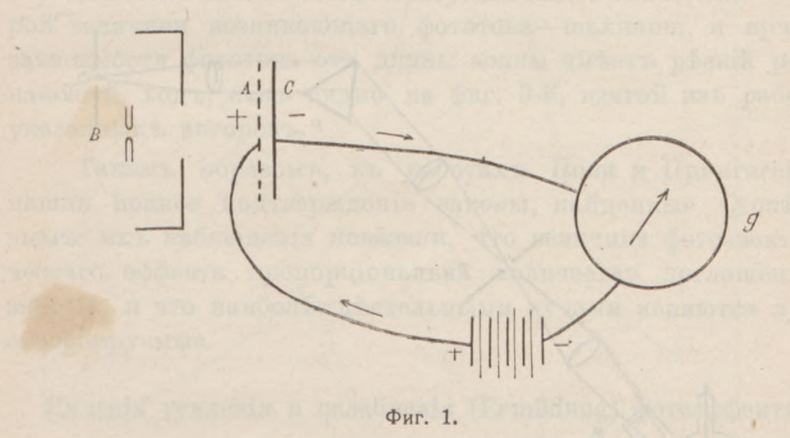
[2]) Столѣтовъ. „Ж. Р. Ф.-Х. О., 21, p. 159, 1889.

зади его стоящій сплошной дискъ *C* (отрицательный электродъ) и производитъ актино-электрическое дѣйствіе.

„Когда Вольтова дуга свѣтитъ, то гальванометръ отклоняется. Непрозрачный экранъ, помѣщенный между дугой и сѣтчатымъ электродомъ, уничтожаетъ отклоненіе гальванометра; пластинка кварца уменьшаетъ это отклоненіе", пишетъ Столѣтовъ въ своей статьѣ.

Чтобы дать представленіе о порядкѣ измѣряемыхъ здѣсь величинъ, приведемъ данныя Столѣтова. Онъ указываетъ, что при электродвижущей силѣ въ 2 даніэля, при разстояніи дисковъ въ 2—3 мм., отклоненіе было отъ 30 до 50 дѣленій шкалы, причемъ одно дѣленіе соотвѣтствуетъ току въ $9.10^{-11}$ ампера.

Такимъ образомъ мы видимъ, что электроны, освободившіеся изъ-подъ власти частичныхъ силъ подъ вліяніемъ энергичныхъ толчковъ со стороны свѣтовыхъ лучей (резо-




Фиг. 1.

нансъ), двигаются въ воздухѣ по направленію отъ отрицательнаго полюса къ положительному и осуществляютъ этимъ токъ, который и заставляетъ гальванометръ отклоняться.

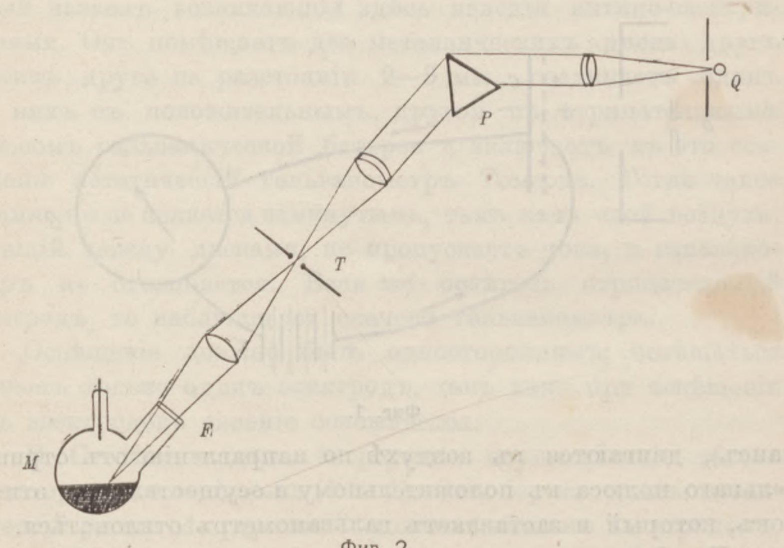
Изслѣдуя открытое явленіе, мѣняя поверхность освѣщаемаго диска, варьируя силу свѣтового потока, а также разстояніе между дисками, Столѣтовъ устанавливаетъ слѣдующіе законы:

1) Актино-электрическое дѣйствіе униполярно: освѣщенная поверхность можетъ терять исключительно отрицательный зарядъ.

2) Для разряда лучами необходимо, чтобы лучи поглощались поверхностью тѣла. Чѣмъ больше поглощеніе активныхъ лучей, тѣмъ поверхность чувствительнѣе къ ихъ разряжающему дѣйствію.

3) Сила фотоэлектрическаго тока пропорціональна количеству свѣта, падающаго въ единицу времени на испускающую фотоэлектроны поверхность. Результаты, къ которымъ пришелъ Столѣтовъ, а также Риги [1]), были настолько опредѣленны и интересны, что сейчасъ-же вызвали послѣ себя рядъ дальнѣйшихъ экспериментальныхъ изслѣдованій въ этомъ направленіи.

Мы остановимся на послѣднихъ работахъ по фотоэлектрическому эффекту въ металлическихъ поверхностяхъ, на работахъ Поля и Прингсгейма, произведенныхъ въ Физическомъ институтѣ въ Берлинѣ. Установка, которой пользовались Поль и Прингсгеймъ [2]), представлена на фиг. 2-й.




Фиг. 2.

Свѣтъ отъ ртутной лампы *Q* проходилъ чрезъ рядъ линзъ и призму *P* изъ кварца; въ *T* онъ нагрѣвалъ термоэлементъ Рубенса, который позволялъ мѣрить энергію па-

[1]) Righi, C. R., CVI, p. 1340.

[2]) Pohl und Pringsheim. Verh. d. D. Phys. G. 13, p. 475, 1911.

дающаго свѣта. Затѣмъ свѣтъ, пройдя чрезъ кварцевое окно *F*, фокусировался на поверхности изслѣдуемаго вещества (щелочные металлы), которое помѣщалось на днѣ сосудика *M*.

Такая установка давала возможность, во 1-хъ, изслѣдовать чувствительность различныхъ металлическихъ поверхностей на волны лучистой энергіи разнаго періода, для чего призма *P* вращалась такъ, что на поверхность металла въ *M* падали волны различной преломляемости; во 2-хъ, она позволяла выкачивать изъ сосуда *M* воздухъ и, слѣдовательно, изучать явленіе фототока въ пустотѣ.

Работы Поля и Прингсгейма [1]) вполнѣ выяснили зависимость величины фотоэлектрическаго эффекта отъ длины волны падающаго свѣта. Внѣ всякаго сомнѣнія оказалось, что для даннаго металла при данныхъ условіяхъ имѣется опредѣленная длина волны возбуждающаго свѣта, для которой величина возникающаго фототока—maximum, и кривая зависимости фототока отъ длины волны имѣетъ рѣзкій резонансный ходъ, какъ видно на фиг. 3-й, взятой изъ работы указанныхъ авторовъ.

Такимъ образомъ, въ работахъ Поля и Прингсгейма нашли полное подтвержденіе законы, найденные Столѣтовымъ; ихъ наблюденія показали, что величина фотоэлектрическаго эффекта пропорціональна количеству поглощенной энергіи, и что наиболѣе дѣятельными лучами являются лучи абсорбируемые.

## Явленія усиленія и ослабленія (Ermüdung) фотоэффекта.

Въ своей послѣдней работѣ [2]) Поль и Прингсгеймъ изслѣдуютъ интересное явленіе, измѣненіе фотоэлектрическаго эффекта отъ металлическихъ поверхностей со временемъ ихъ пребыванія въ пустотѣ.

Оказывается, что если произвести рядъ измѣреній силы фототока для разныхъ длинъ волнъ падающаго свѣта и по-

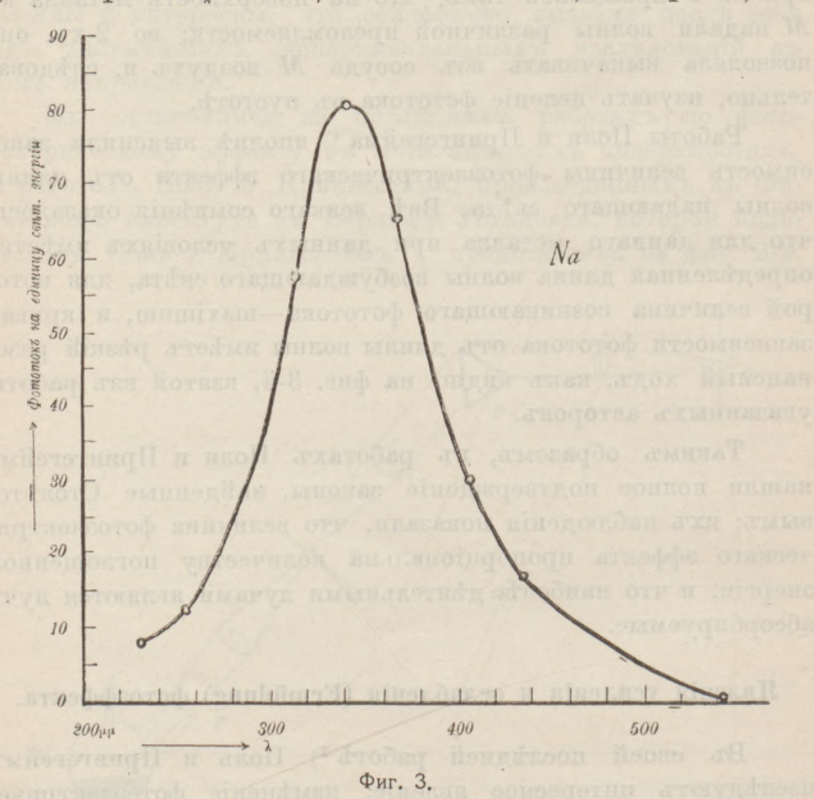
---

[1]) Pohl und Pringsheim. Verh. d. D. Phys. G. 14, p. 46, 546, 1912.

[2]) Pohl und Pringsheim. Verh. d. D. Phys. G. 14, p. 546, 1912.

строить кривую, аналогичную данной на фиг. 3-й, для случая, когда поверхность только что приготовлена, послѣ чего воздухъ выкачанъ, и затѣмъ произвести такія же наблюденія чрезъ извѣстныя промежутки времени, поддерживая все время разрѣженіе въ приборѣ, то относительныя величины силъ фототока увеличиваются.

Если нанести на графику (фиг. 4) полученныя такимъ путемъ кривыя фототока, то мы замѣтимъ, что кривая, вы-

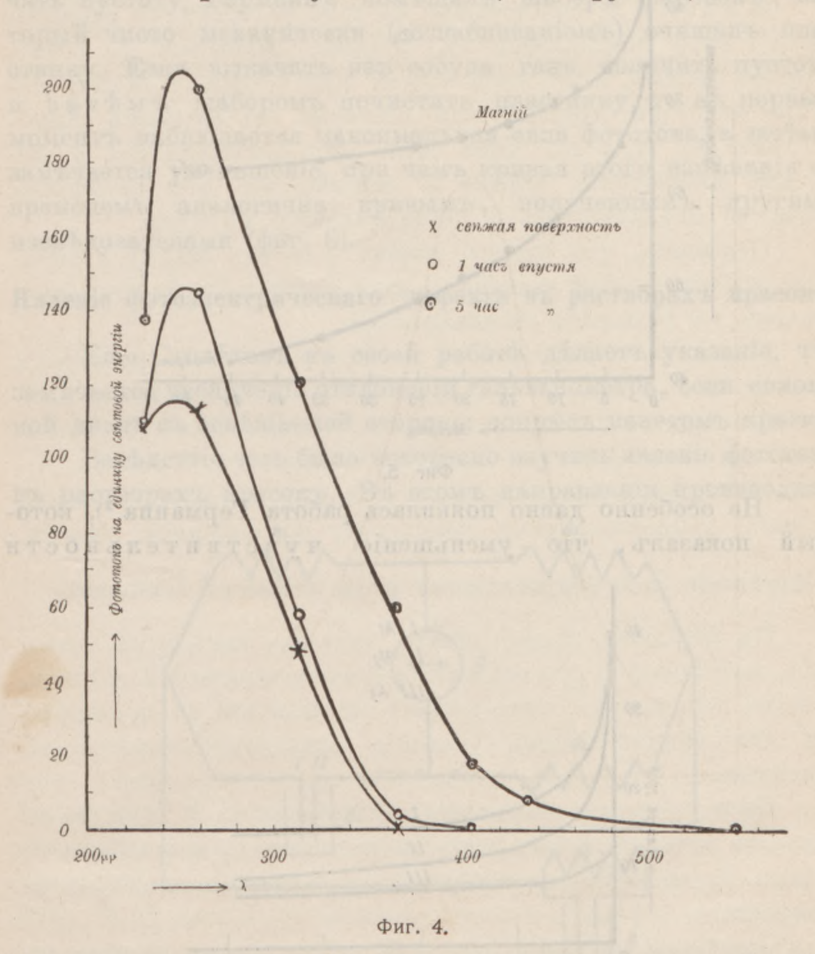



Фиг. 3.

черченная для болѣе поздняго времени лежитъ выше кривой, построенной въ первый промежутокъ времени.

Кромѣ того, изъ фигуры 4-й видно, что предѣлъ возбудимости (или длина волны, при которой возникаетъ фототокъ) смѣщается къ красному концу спектра. Подобное явленіе указываетъ, что металлическая поверхность за время пребыванія ея въ пустотѣ претерпѣваетъ опредѣленныя измѣненія, въ силу чего и мѣняется ея чувствительность.

Параллельно съ этимъ слѣдуетъ указать на рядъ работъ, которыя обнаружили измѣненіе чувствительности металлическихъ поверхностей въ отношеніи фототока въ противоположномъ направленіи. Еще при открытіи фотоэлектрическихъ явленій было замѣчено, что эта чувствительность съ теченіемъ времени уменьшается [1]). Обнаружено, что сила

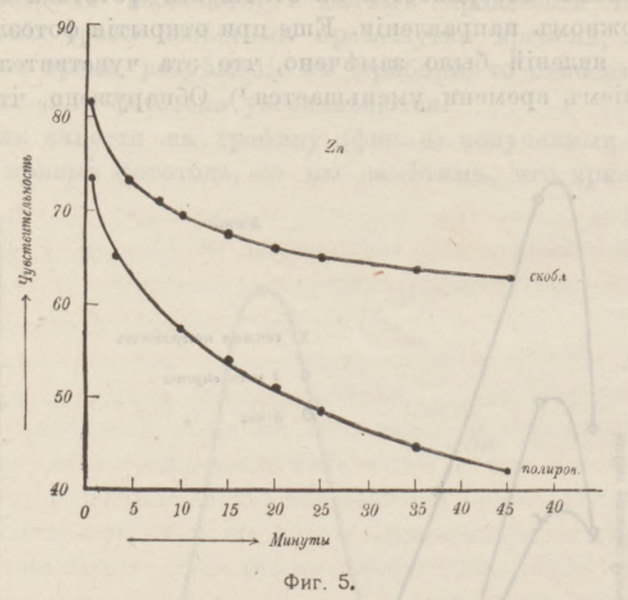



Фиг. 4.

фототока, измѣряемая хотя бы въ условіяхъ опыта Столѣтова (см. стр. 150), мѣняется со временемъ; она оказывается максимальной, когда освѣщаемый металлическій дискъ *C* (фиг. 1), заряженный отрицательно, только что вычищенъ;

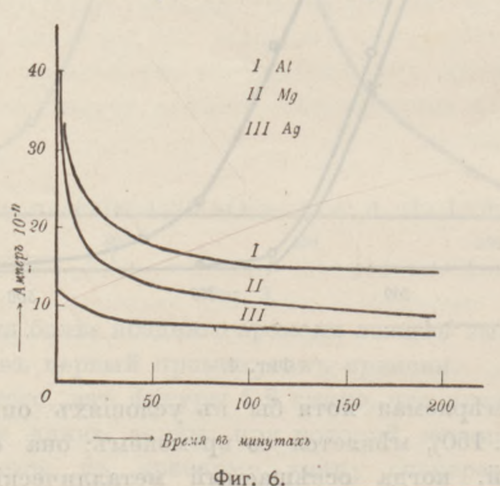
[1]) Hallwachs. Wied. Ann. 33, p. 308, 1888.

затѣмъ сила фототока постепенно падаетъ (см. фиг. 5). Этому явленію дали названіе утомленія (Ermüdung[1]).




Фиг. 5.

Не особенно давно появилась работа Германна[2]), который показалъ, что уменьшеніе чувствительности




Фиг. 6.

[1]) Ullmann. Ann. d. Phys. (4) 32, p. 1, 1910; тамъ-же указана литература по этому вопросу.

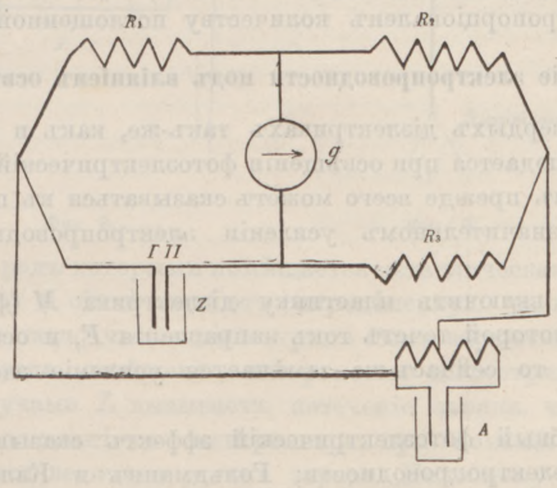
[2]) K. Hermann. Verh. d. D. Phys. G. 14, p. 557, 1912.

можно наблюдать и въ пустотѣ. Для этого очищать пластинку и дѣлать ее, какъ говорятъ свѣжей, нужно не внѣ прибора, а въ самомъ приборѣ, когда тамъ уже достигнуто разрѣженіе. Въ сосудъ, въ которомъ помѣщалась пластинка изъ изслѣдуемаго металла, и въ которомъ можно было получать пустоту, Германнъ помѣщалъ шаберъ (скребокъ), который чисто механически (соскабливаніемъ) очищалъ пластинку. Если выкачать изъ сосуда газъ, получить пустоту и затѣмъ шаберомъ почистить пластинку, то въ первый моментъ наблюдается максимальная сила фототока, а затѣмъ замѣчается уменьшеніе, при чемъ кривая этого измѣненія со временемъ аналогична кривымъ, полученнымъ другими изслѣдователями (фиг. 6).

## Явленіе фотоэлектрическаго эффекта въ растворахъ красокъ.

Еще Столѣтовъ въ своей работѣ дѣлаетъ указаніе, что замѣчается увеличеніе отклоненій гальванометра, если сплошной дискъ съ освѣщаемой стороны покрыть налетомъ краски.

Вслѣдствіе чего было интересно изучить явленіе фототока въ растворахъ красокъ. Въ этомъ направленіи производилъ




Фиг. 7.

свои изслѣдованія Гольдманнъ[1]). Установка Гольдманна состоитъ въ томъ, что онъ освѣщаетъ слой раствора краски,

[1]) Goldmann. Ann. d. Phys. 27, p. 449, 1908.

прилегающій къ одному изъ электродовъ, другой же электродъ оставляетъ въ темнотѣ. Такое одностороннее освѣщеніе вызываетъ въ освѣщаемомъ мѣстѣ выдѣленіе электроновъ, что влечетъ за собою измѣненіе силы тока. Схематически постановка опытовъ Гольдманна дана на фиг. 7-й.

Клѣтка $Z$, содержащая въ себѣ растворъ съ электродами I и II, помѣщалась въ темный, закрытый со всѣхъ сторонъ ящикъ, и служила одной изъ четырехъ вѣтвей мостика Витстона; другія вѣтви состояли изъ ящиковъ сопротивленій $R_1$, $R_2$ и $R_3$. Токъ шелъ отъ аккумулятора $A$. Въ началѣ наблюденій клѣтка $Z$ защищалась отъ источника свѣта, и гальванометръ $G$ устанавливался на нуль.

Оказалось, что стоитъ только удалить ширму и освѣтить отрицательный электродъ, какъ сейчасъ-же наблюдается скачокъ въ показаніи гальванометра.

Гольдманнъ подвергаетъ изслѣдованію рядъ растворовъ красокъ и во всѣхъ случаяхъ подтверждаетъ законы, данные Столѣтовымъ для фотоэлектрическихъ явленій. Оказалось, что сила фототока пропорціональна силѣ свѣта и величинѣ освѣщаемой поверхности, и что фотоэлектрическій эффектъ пропорціоналенъ количеству поглощенной энергіи.

**Измѣненіе электропроводности подъ вліяніемъ освѣщенія.**

Въ твердыхъ діэлектрикахъ такъ-же, какъ и въ металлахъ, наблюдается при освѣщеніи фотоэлектрическій эффектъ, и здѣсь онъ прежде всего можетъ сказываться въ пріобрѣтеніи или значительномъ усиленіи электропроводности діэлектрика.

Если включить пластинку діэлектрика $M$ (фиг. 8) въ цѣпь, въ которой течетъ токъ направленія $F$, и освѣтить ее лучами $Z$, то сейчасъ-же замѣчается усиленіе электропроводности.

Подобный фотоэлектрическій эффектъ сказывается въ усиленіе электропроводности; Гольдманнъ и Каляндыкъ [1]) называютъ его поперечнымъ (transversal) фотоэффектомъ.

Но фотоэлектрическое дѣйствіе на пластинки изъ діэлектрика можетъ проявиться и иначе.

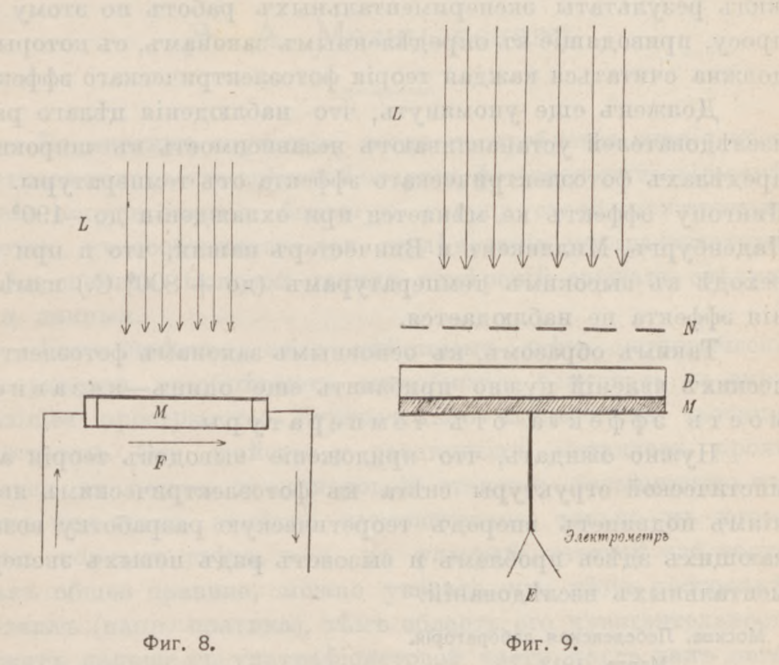
---

[1]) Goldmann und Kalandyk. Ann. d. Phys. 36, p. 589, 1911.

Какъ замѣтилъ еще Риги [1]), пластинки изъ сѣры и эбонита, заряженныя отрицательно, при освѣщенiи теряютъ свой зарядъ.

Гольдманнъ и Каляндыкъ [2]) для детальнаго изученiя возникающихъ здѣсь явленiй, пользуются слѣдующимъ расположенiемъ (фиг. 9).

Они покрываютъ металлическую пластинку *M*, присоединенную къ электрометру *E*, изслѣдуемымъ дiэлектри-




Фиг. 8. Фиг. 9.

комъ *D*, передъ которымъ помѣщается металлическая сѣтка *N*. Дiэлектрику и сѣткѣ задаютъ опредѣленную разность потенцiаловъ такъ, чтобы дiэлектрикъ былъ заряженъ отрицательно. Тогда освѣщенiе поверхности дiэлектрика чрезъ сѣтку *N* лучами *L* вызываетъ истеченiе заряда, что сказывается на показанiяхъ электрометра, при помощи котораго и измѣряется величина утечки заряда. Подобному фотоэлектрическому эффекту Гольдманнъ и Каляндыкъ даютъ названiе продольнаго (longitudinal). Ихъ наблюденiя обнаружили,

[1]) Righi. C. R. 107, p. 559, 1888.

[2]) Goldmann und Kalandyk. l. c., p. 592.

что возникающая вслѣдствіе освѣщенія проводимость устанавливается очень быстро, остается постоянной при продолжающемся освѣщеніи, независима отъ силы поля, отъ направленія поля и мгновенно исчезаетъ при прекращеніи освѣщенія.

## Заключеніе.

Въ своемъ очеркѣ фотоэлектрическихъ явленій я изложилъ результаты экспериментальныхъ работъ по этому вопросу, приводящіе къ опредѣленнымъ законамъ, съ которыми должна считаться каждая теорія фотоэлектрическаго эффекта.

Долженъ еще упомянуть, что наблюденія цѣлаго ряда изслѣдователей устанавливаютъ независимость въ широкихъ предѣлахъ фотоэлектрическаго эффекта отъ температуры. По Лингопу эффектъ не мѣняется при охлажденіи до $-190^0$ С.; Ладенбургъ, Милликенъ и Винчестеръ нашли, что и при переходѣ къ высокимъ температурамъ (до $+800^0$ С.) измѣненія эффекта не наблюдается.

Такимъ образомъ, къ основнымъ законамъ фотоэлектрическихъ явленій нужно прибавить еще одинъ—независимость эффекта отъ температуры.

Нужно ожидать, что приложеніе выводовъ теоріи атомистической структуры свѣта къ фотоэлектрическимъ явленіямъ подвинетъ впередъ теоретическую разработку возникающихъ здѣсь проблемъ и вызоветъ рядъ новыхъ экспериментальныхъ изслѣдованій.

Москва. Лебедевская лабораторія.
Мартъ, 1913.

# Фотоэлектрическій способъ измѣренія силы свѣта.

Э. А. Малиновскаго.

Во многихъ случаяхъ, когда не требуется знанія абсолютнаго количества свѣтовой энергіи, фотоэлектрическія измѣренія могутъ оказать большую услугу своей чувствительностью, въ особенности при изслѣдованіи ультрафіолетовой части спектра. Основой такихъ измѣреній служатъ слѣдующія данныя.

Какъ извѣстно, подъ дѣйствіемъ свѣта металлическія поверхности пріобрѣтаютъ способность испускать въ окружающее пространство отрицательно заряженныя частицы, электроны. Это свойство у различныхъ металловъ проявляется въ весьма неодинаковой степени; большинство изъ нихъ при этомъ замѣтно чувствительны только къ короткимъ волнамъ свѣта, т. е. къ ультрафіолетовой его части. Какъ общее правило, можно указать, что чѣмъ постояннѣе металлъ (напр. платина), тѣмъ область его чувствительности лежитъ дальше въ ультрафіолетовой части, тогда какъ легко окисляющіеся, щелочные металлы чувствительны и къ видимой части спектра. Вылетающіе съ поверхности металла электроны, подобно катоднымъ лучамъ, іонизуютъ окружающій газъ, увеличивая его проводимость. Эффектъ можно значительно повысить заряженіемъ металла до высокаго отрицательнаго потенціала. Увеличеніе проводимости газа пропорціонально силѣ падающаго свѣта и можетъ служить его мѣрой, если іонизація въ главной своей массѣ вызвана выдѣлившимися электронами, и если явленіе не усложняется какими-либо другими побочными дѣйствіями, зависящими уже отъ самой постановки опыта.

Чтобы найти условія, при которыхъ фотоэлектрическій эффектъ достигаетъ наибольшей интенсивности, необходимо немного ближе познакомиться съ самымъ характеромъ явленія. Изслѣдованія Townsend'а показали, что не только электроны, выдѣлившіеся изъ металла, ударами о молекулы разбиваютъ ихъ на іоны, но и вновь образованные этимъ путемъ электроны, достигнувъ подъ вліяніемъ электрическаго поля опредѣленной скорости движенія, въ свою очередь іонизуютъ встрѣчающіяся на ихъ пути нейтральныя молекулы. Такимъ образомъ, степень іонизаціи растетъ экспоненціально съ удаленіемъ отъ поверхности металла. Если вначалѣ съ металлической пластинки выдѣлилось $n_0$ электроновъ, то на разстояніи $l$ отъ нея число ихъ возрастетъ до $n_0 e^{al}$, гдѣ $a$ число, обозначающее сколько новыхъ электроновъ производитъ каждый движущійся электронъ на разстояніи одного сантиметра. Этотъ законъ былъ вполнѣ подтвержденъ опытомъ, но справедливъ онъ только для небольшихъ разстояній, въ нѣсколько миллиметровъ, отъ пластинки. При дальнѣйшемъ увеличеніи разстоянія, если интенсивность поля остается та-же, проводимость газа растетъ быстрѣе, чѣмъ слѣдуетъ, благодаря іонизирующему дѣйствію и положительныхъ іоновъ.

Для насъ важно рѣшить, при какихъ условіяхъ число $a$, относящееся къ отрицательнымъ іонамъ, достигаетъ наибольшей величины, такъ какъ вмѣстѣ съ нимъ и фотоэлектрическій эффектъ становится наибольшимъ. Зависитъ $a$, кромѣ разстоянія между пластинками, между которыми измѣряется проводимость газа, еще и отъ интенсивности электрическаго поля (или разности потенціаловъ на пластинкахъ), отъ давленія, подъ какимъ находится газъ, и, наконецъ, отъ природы самаго газа.

Когда интенсивность поля не мѣняется, давленіе-же постепенно убываетъ, то величина $a$ сначала возрастаетъ, достигаетъ максимальнаго значенія и затѣмъ начинаетъ убывать. Объясняется это тѣмъ, что при большихъ давленіяхъ среднее разстояніе между молекулами настолько незначительно, что электронъ, пробѣжавъ его, не успѣваетъ пріобрѣсти достаточно кинетической энергіи, чтобы при столкновеніи іонизовать газовыя частицы. Съ уменьше-

ніемъ-же давленія увеличивается средній пробѣгъ между частицами газа, а вмѣстѣ съ нимъ и конечная скорость, съ какой электронъ ударяется о молекулу; такимъ образомъ большее число столкновеній оканчивается расщепленіемъ молекулъ на іоны. Слѣдовательно, пониженіе давленія влечетъ за собой вначалѣ увеличеніе числа вновь образованныхъ іоновъ. Но этому увеличенію, при дальнѣйшемъ разрѣженіи газа, препятствуетъ то обстоятельство, что постепенно уменьшается количество молекулъ, заключающихся въ данномъ объемѣ, вслѣдствіе чего встрѣчи становятся настолько рѣдкими, что іонизирующее дѣйствіе электроновъ опять падаетъ.

Экспериментально Townsend нашелъ слѣдующую зависимость между величиной $a$, давленіемъ $p$ и силой электрическаго поля $x$: если увеличить давленіе $p$ въ $k$ разъ и во столько-же разъ усилить поле, то $a$ увеличивается тоже въ $k$ разъ, откуда можно заключить, что отношеніе $\frac{a}{p}$ является нѣкоторой функціей отношенія $\frac{x}{p}$, т. е. $\frac{a}{p} = f\left(\frac{x}{p}\right)$. Изъ теоретическихъ соображеній Townsend находитъ для этой функціи экспоненціальное выраженіе:

$$\frac{a}{p} = N \,.\, e^{\frac{-N.V.p}{x}},$$

гдѣ $N$ обозначаетъ число столкновеній электрона съ молекулами газа на разстояніи одного сантиметра, если давленіе равно одному миллиметру ртутнаго столба, а $V$ выражаетъ въ вольтахъ паденіе потенціала, черезъ которое долженъ пройти электронъ, чтобы обладать скоростью, достаточной для образованія новыхъ іоновъ при ударѣ о молекулу; $N$ и $V$ у различныхъ газовъ неодинаковы. Формула эта очень хорошо представляетъ результаты наблюденій Townsend'а, если $N$ и $V$ дать слѣдующія значенія:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Воздухъ . . | N=14.6 | V=25.0 | Азотъ . . . | N=12.4 | V=27.6 |
| Водородъ . | N= 5.0 | V=26 | Угольная кислота . . | N=20 | V=23.3 |
| Хлористый водородъ . | N=22.2 | V=16.5 | Аргонъ . . | N=13.6 | V=17.3 |
| Гелій . | N= 2.4 | V=14.5 | | | |

Пользуясь этими данными, можно вычислять для опредѣленнаго напряженія электрическаго поля то давленіе газа, при которомъ $a$ достигаетъ максимума. Приравнивая нулю производную по $p$ отъ выраженія

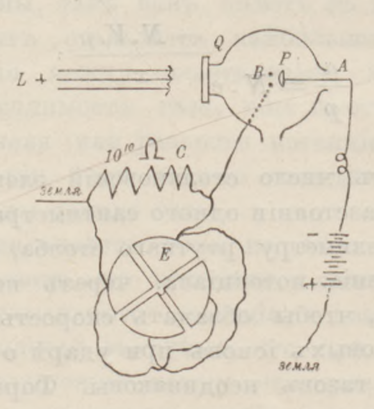
$$a = pN.\, e^{\frac{-NVp}{x}},$$

находимъ:

$p_{max.} = \frac{x}{NV}$, откуда максимальное значеніе $a_{max.} = \frac{x}{V.\, e}$.

Поэтому, при прочихъ равныхъ условіяхъ, $a$ будетъ больше у тѣхъ газовъ, у которыхъ $V$ меньше, слѣдовательно, прежде всего у гелія, аргона и хлористаго водорода.

Этими свѣдѣніями можно до извѣстной степени руководствоваться при устройствѣ фотоэлектрическаго прибора, или какъ его называютъ „фотоэлектрической ячейки“, съ которой производятся наблюденія. Довольно практично слѣдующее ея устройство:




Фиг. 1.

Въ стеклянный шарикъ (фиг. 1), противъ оконца, закрытаго кварцевой пластинкой $Q$, вводится изолированный

металлическій штифтъ $A$, на концѣ котораго припаяна шапочка изъ платины $P$, со свѣже отполированной поверхностью. Въ разстояніи 2—3 мм., параллельно ей, натянуты на маленькой стеклянной рамкѣ двѣ платиновыя нити $B$, отъ которыхъ общая изолированная приводка идетъ къ одному квадранту электрометра $E$, съ отвѣтвленіемъ черезъ большое сопротивленіе $C$ (порядка $10^8$—$10^{10}$ Ω.) къ землѣ; другой квадрантъ тоже отведенъ къ землѣ. Поверхность платины $P$ соединена съ отрицательнымъ полюсомъ батареи высокаго напряженія (около 1000—2000 V.), положительный полюсъ которой отведенъ къ землѣ. Падающій черезъ окно свѣтъ $L$ вызываетъ іонизаціонный токъ между поверхностью платины и проволочками, мѣрой котораго служитъ наблюдаемая электрометромъ разность потенціаловъ [1]) на концахъ сопротивленія $C$.

Съ обыкновеннымъ электрометромъ, дающимъ отклоненіе въ 1 мм. при разности потенціаловъ $^1/_{2000}$ V., чувствительность такой ячейки уже весьма значительна. Слабый ультрафіолетовый свѣтъ, который при экспозиціи въ нѣсколько минутъ не даетъ замѣтнаго почернѣнія фотографической пластинки, вызываетъ отклоненіе электромотора до 100 дѣленій шкалы.

Если разность потенціаловъ на электродахъ $A$ и $B$ достаточно удалена отъ разряднаго потенціала, то отклоненія вполнѣ постоянны и строго пропорціональны силѣ свѣта.

Пользуясь вышеприведенными формулами, можно приблизительно расчитать найболѣе выгодное давленіе газа въ фотоэлектрической ячейкѣ, если между электродами имѣется поле опредѣленнаго напряженія. Дальнѣйшее регулированіе чувствительности прибора легко достигается измѣненіемъ разстоянія между электродами. Фотоэлектрическій эффектъ особенно великъ въ геліи и аргонѣ. Однако, полученіе этихъ газовъ сопряжено съ такими трудностями, что для наполненія ячейки приходится пользоваться водородомъ, въ которомъ явленіе болѣе постоянно, чѣмъ въ воздухѣ.

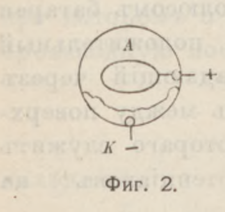
Въ послѣднее время Elster и Geitel приготовили, предназначенную для видимой части спектра, ячейку съ метал-

---

[1]) Подробное описаніе см. Kreusler. Ann. d. Phys. 1901. Bd. 6, S. 398, 412.

лическимъ каліемъ, наполнивъ ее аргономъ при низкомъ давленіи.

Общій видъ ея очень простой: въ стеклянный шарикъ (фиг. 2) впаяно платиновое кольцо *A*, служащее анодомъ. Половина внутренней поверхности шарика, противъ анода, покрыта каліемъ коллоидальнаго вида, полученнаго перегонкой въ пустотѣ. Впаянная платиновая проволочка *K* даетъ контактъ съ поверхностью калія и служитъ катодомъ. Свѣтъ падаетъ черезъ верхнюю половину шарика; общая установка та же, что и въ предыдущемъ случаѣ. Чувствительность этой ячейки необычайно велика: при разности потенціаловъ на электродахъ всего въ 80 вольтъ достаточно открыть карманный фонарикъ въ одномъ углу комнаты, чтобы вызвать свѣтящійся разрядъ между электродами.



Фиг. 2.

Къ сожалѣнію, Elster и Geitel не могли достигнуть со своимъ приборомъ пропорціональности между силой свѣта и отклоненіемъ электрометра.

Гдѣ кроется причина этого недостатка, пока неизвѣстно; во всякомъ случаѣ, съ выясненіемъ ея мы можемъ получить для фотометрическихъ цѣлей приборъ, чувствительность котораго въ тысячи разъ превосходитъ все, достигнутое до сихъ поръ въ этой области.

Тюбингенъ.
Физическій институтъ.

———

# Подготовка преподавателей физики во Франціи.

А. А. Зонненштраля.

§ 1. Французскій преподаватель физики въ среднемъ учебномъ заведеніи приступаетъ къ своей педагогической работѣ лишь послѣ многократныхъ испытаній, порядокъ и содержаніе которыхъ излагается ниже. Чтобы облегчить пониманіе этого нелегкаго искуса, я предварительно разскажу о немъ лишь въ самыхъ общихъ чертахъ [1]).

Молодой человѣкъ, избравшій педагогическую карьеру, послѣ окончанія лицея получаетъ прежде всего званіе баккалавра. Имѣя это званіе и пройдя дополнительный Classe de Mathématiques spéciales, онъ поступаетъ въ университетъ на физико-математическій факультетъ (Faculté des sciences). Здѣсь онъ слушаетъ лекціи, посѣщаетъ практическія занятія и послѣ особыхъ экзаменовъ пріобрѣтаетъ званіе Licencié ès sciences (ès представляетъ собою сокращеніе изъ en les). Затѣмъ при университетѣ же онъ долженъ выдержать особыя испытанія, соотвѣтствующія представленному имъ сочиненію, которое онъ при этомъ защищаетъ. Въ случаѣ успѣш-

---

[1]) Матеріалъ для этой статьи частью собранъ мною на мѣстѣ, частью-же взятъ изъ слѣдующихъ изданій:

H. Vuiber. Annuaire de la Jeunesse. Paris. 1912.

L'Université de Paris et les établissements parisiens d'enseignement supérieur. Livret de l'étudiant. 1912 - 1913.

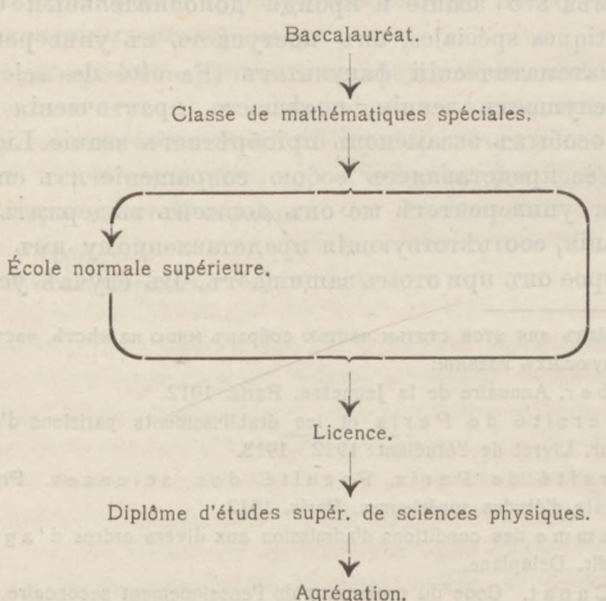
Université de Paris. Faculté des sciences. Programmes des certificats d'études supérieures. Paris. 1912.

Programme des conditions d'admission aux divers ordres d'agrégation. Paris. Edit. Delaplane.

René Canat. Code du professeur de l'enseignement secondaire. Paris. Edit. Delaplane.

L'enseignement mathématique. Revue internationale. 1912. № 2. Статья de Saint Germain. (p. 142—146).

наго окончанія этого новаго испытанія онъ получаетъ дипломъ Diplôme d'études supérieures de sciences physiques и приступаетъ къ прохожденію особаго педагогическаго стажа. Лицо, прошедшее всѣ эти ступени, послѣдовательно получившее сначала 1) званіе баккалавра и прошедшее Classe de math. spéc., затѣмъ 2) званіе licencié ès sciences, 3) защитившее дипломную работу и, наконецъ, 4) добывшее свидѣтельство о выполненіи педагогическаго стажа, допускается къ послѣднему, уже конкурсному, и притомъ государственному, экзамену, Concours d'agrégation, по выдержаніи котораго аспирантъ получаетъ званіе agrégé. Лишь это послѣднее званіе позволяетъ стать professeur titulaire въ лицеѣ послѣ пяти лѣтъ преподавательской дѣятельности. Особенно цѣнится преподаватель, который прошелъ весь этотъ кругъ мытарствъ, состоя въ то же время ученикомъ особой École normale supérieure; въ это заведеніе можно попасть послѣ конкурсныхъ испытаній, имѣя, конечно, уже степень баккалавра. Такимъ образомъ, вотъ въ какой схемѣ можетъ быть представленъ весь путь подготовки преподавателя:




§ 2. Въ каждомъ изъ 16 французскихъ университетовъ (въ томъ числѣ и Алжирскомъ) имѣется физико-математи-

ческій факультетъ. На этихъ факультетахъ существуютъ курсы открытые и курсы закрытые (cours publics et cours fermés). Первые изъ нихъ могутъ быть посѣщаемы свободно всѣми желающими. Вторые курсы посѣщаются лишь имматрикулированными студентами, расчитывающими со временемъ получить licence. Студенты посѣщаютъ кромѣ того особыя conférences, на которыхъ ихъ спрашиваютъ, а также практическія занятія. Чтобы быть такимъ дѣйствительнымъ имматрикулированнымъ студентомъ, необходимо вообще говоря, пріобрѣсти предварительно званіе баккалавра, иначе въ дальнѣйшемъ нельзя расчитывать на полученіе правъ. Французскіе университеты выдаютъ множество самыхъ разнообразныхъ дипломовъ, свидѣтельствъ, степеней и званій. Мы остановимся пока лишь на Certificats d'études supérieures, необходимыхъ для полученія званія licencié, безъ котораго въ свою очередь нельзя стать преподавателемъ средней школы. Выслушавъ рядъ курсовъ и пройдя опредѣленные практикумы, студентъ можетъ держать особые экзамены на полученіе свидѣтельства о знаніи той или другой научной области. Для пріобрѣтенія званія licencié необходимо получить три такихъ свидѣтельства.

Будущему преподавателю физики приходится добыть три слѣдующихъ свидѣтельства: Physique générale, Chimie générale и Mécanique rationelle или Mathématiques générales.

Вмѣсто послѣдней можно выбрать другую какую либо науку изъ особаго списка, публикуемаго физико-математическимъ факультетомъ.

Для полученія каждаго изъ свидѣтельствъ нужно выдержать испытанія, устныя, письменныя и практическія. Занятія въ университетѣ каждаго изъ молодыхъ людей, готовящихся стать педагогами, и заключаются въ подготовкѣ къ этимъ экзаменамъ: Préparation aux Certificats d'études supérieures [1]).

Для полученія свидѣтельства по общей физикѣ держатъ экзамены по спеціальной программѣ, разбитой на двѣ части. Въ первую часть входятъ теплота, термодинамика, электри-

---

[1]) Подробныя программы этихъ испытаній можно найти въ указанной выше книгѣ: Programmes des certificats d'études supérieures.

чество и магнитизмъ. Въ составъ второй входятъ—молекулярная физика, излученіе, акустика и оптика. Аспирантъ въ правѣ выбрать одну изъ этихъ группъ для письменнаго испытанія, во время котораго ему предлагается тема изъ этой избранной имъ группы явленій. На устномъ экзаменѣ аспиранту предлагаютъ вопросы изъ всѣхъ областей физики. Для практическаго испытанія необходимо выполнить какія либо два упражненія съ аппаратами, для которыхъ также существуетъ особая программа. Испытуемый долженъ составить планъ работы, смонтировать аппараты, выполнить измѣренія, сдѣлать необходимыя вычисленія и опредѣлить предѣлъ погрѣшности результатовъ. Въ подобныхъ же условіяхъ происходятъ экзамены по остальнымъ предметамъ.

§ 3. Licencié ès sciences, чтобы принять участіе въ конкурсныхъ испытаніяхъ на право преподаванія физики въ среднихъ учебныхъ заведеніяхъ, долженъ предварительно, какъ выше было сказано, запастись Diplôme d'études supérieures de sciences physiques.

Для полученія этого диплома требуется: 1) представить въ физико-математическій факультетъ „сочиненіе съ изложеніемъ результатовъ опытовъ, произведенныхъ аспирантомъ по какому либо вопросу физики, химіи или минералогіи, избранному имъ самимъ и одобренному факультетомъ" [1]); 2) защитить эту работу, отвѣтивъ на рядъ вопросовъ по поводу нея, а также на „вопросы, поставленные по крайней мѣрѣ за три мѣсяца передъ тѣмъ и касающіеся той же области физическихъ знаній". „Работа можетъ состоять или въ самостоятельныхъ изслѣдованіяхъ или въ изученіи какого либо мемуара съ повтореніемъ и провѣркой опытовъ, или же наконецъ, въ детальномъ изученіи какого либо вопроса математической физики".

Въ циркулярѣ отъ 12 апрѣля 1906 г. мы находимъ очень много цѣнныхъ указаній на смыслъ и значеніе диплома.

Учрежденіе этихъ дипломовъ имѣетъ своею цѣлью „заставить кандидатовъ пожить лабораторною жизнью, въ

---

[1]) Всѣ выдержки въ этомъ параграфѣ приведены изъ Annuaire de la Jeunesse, p. 421—423.

общеніи съ профессорами физико-математическихъ дисциплинъ, чтобы проникнуть въ методы изслѣдованій и измѣреній, чтобы научиться, какъ обернуться даже при скромныхъ рессурсахъ лабораторіи и какъ самому смонтировать приборы, въ которыхъ можетъ встрѣтиться надобность.

Въ наше время отъ преподавателя требуютъ, чтобы онъ развивалъ въ лицеяхъ и коллежахъ экспериментальную сторону преподаванія и пріучался производить наглядныя упражненія съ простыми и импровизированными средствами. Лишь благодаря свободной жизни въ лабораторіи, благодаря такой жизни, которая вызывается приготовленіемъ дипломной работы, будущіе преподаватели пріобрѣтутъ необходимыя качества для выполненія этой обязанности". Дипломная работа вообще говоря выполняется въ теченіе двухъ семестровъ.

§ 4. Законъ въ послѣдней его редакціи 1907 г. категорически требуетъ: „Каждый кандидатъ на званіе agrégé обязанъ представить свидѣтельство отъ ректора о выполненіи педагогическаго стажа согласно съ условіями, указанными закономъ". Циркуляръ отъ 26 іюля 1906 г. содержитъ въ себѣ эти условія:

„Пунктъ 1. Подъ педагогическимъ стажемъ, предусматриваемымъ пунктомъ 1-мъ циркуляра отъ 18 іюля 1904 г. объ условіяхъ и испытаніяхъ конкурсовъ на званіе agrégé, надо понимать нѣкоторую педагогическую подготовку и профессіональное обученіе.

Пунктъ 2. Подготовка теоретическая заключается не менѣе чѣмъ въ двадцати лекціяхъ, посвященныхъ: 1) вопросамъ средняго образованія вообще (его исторія и организація, какъ во Франціи, такъ и заграницей и пр.); эти бесѣды посѣщаются всѣми кандидатами; 2) вопросамъ различныхъ дисциплинъ средняго образованія: литературы, исторіи, математики и т. д. Кандидаты посѣщаютъ лишь тѣ лекціи, которыя соотвѣтствуютъ избранной имъ спеціальности.

Пунктъ 3. Профессіональное обученіе состоитъ въ посѣщеніи и все большемъ и большемъ участіи въ урокахъ лицея или коллежа въ продолженіе или трехъ недѣль подрядъ, или одного триместра (4 мѣсяцевъ) при условіи посѣщенія не менѣе, чѣмъ двухъ уроковъ въ недѣлю.

Пунктъ 4. Ректоръ[1]) назначаетъ лицъ, которымъ поручается чтеніе теоретическихъ лекцій, а также преподавателей, на которыхъ возлагается профессіональная подготовка. Факультетскіе деканы и преподаватели, подъ руководствомъ которыхъ проходила профессіональная подготовка, направляютъ ректору докладъ о томъ, какъ выполненъ стажъ, и о степени подготовленности кандидата. На основаніи этого доклада выдается, если кандидатъ того заслуживаетъ, certificat de stage".

§ 5. Лица, желающія участвовать въ конкурсѣ на званіе agrégé, подаютъ объ этомъ прошеніе на имя ректора того учебнаго округа (Académie), въ которомъ они проживаютъ. Списки кандидатовъ утверждаются министромъ. Испытанія разбиваются на двѣ категоріи: предварительныя испытанія и окончательныя.

Первыя происходятъ при учебныхъ округахъ при участіи профессоровъ и преподавателей лицеевъ въ качествѣ экзаменаторовъ; вторыя—въ Парижѣ. Темы сочиненій утверждаются министромъ. Предварительныя испытанія кандидатовъ на званіе agrégé по физикѣ (candidats à l'agrégation des sciences physiques) заключаются въ слѣдующемъ:

1. Сочиненіе по физики съ приложеніями.

2. Сочиненіе по химіи.

3. Сочиненіе по физикѣ въ объемѣ лицейскихъ программъ.

На сочиненія дается 7 часовъ, и пишутся они въ строжайшихъ условіяхъ. Во время окончательныхъ испытаній аспирантъ:

1. Составляетъ программу опытовъ для урока, указаннаго экзаменаторами, и выполняетъ ее.

2. Выполняетъ упражненіе по химіи, въ составъ котораго входитъ анализъ смѣси солей и монтажъ аппарата.

3 и 4. Даетъ пробный урокъ по физикѣ и по химіи (съ опытами) въ предѣлахъ программы лицеевъ. На подготовку къ каждому такому испытанію отводится по четыре часа въ помѣщеніи лабораторіи, причемъ аспирантъ снабжается по возможности всѣми тѣми пособіями, какія онъ потребуетъ, и пользуется помощью препаратора.

---

[1]) Лицо аналогичное попечителю округа (Recteur—глава d'une université régionale, или все равно d'une académie).

§ 6. Остановимъ теперь наше вниманіе на École normale supérieure. Подъ общимъ именемъ Нормальныхъ школъ понимаютъ заведенія, подготовляющія преподавателей для тѣхъ или другихъ школъ. Соотвѣтственно своимъ задачамъ нормальныя школы носятъ названія Écoles normales primaires, Écoles normales primaires supérieures и, наконецъ, École normale supérieure. Первые два типа школъ подготовляютъ молодыхъ людей къ занятію мѣстъ учителей начальныхъ и низшихъ школъ. École normale supérieure (въ Парижѣ) только одна на всю Францію; она имѣетъ своей цѣлью подготовку преподавателей среднихъ и высшихъ школъ. Эта школа, какъ разсадникъ научныхъ силъ, сыграла большую роль въ исторіи Франціи, создавъ очень много крупныхъ именъ. Окончившіе эту школу чрезвычайно гордятся ею; всѣ normaliens образуютъ какъ бы небольшой орденъ, члены котораго всячески поддерживаютъ другъ друга. До 1903 г. École normale supérieure была однимъ изъ самостоятельныхъ высшихъ учебныхъ заведеній Франціи. Въ 1903 г. она была совершенно реорганизована, подчинена Парижскому университету и превратилась въ своего рода педагогическій институтъ. Во главѣ ея стоятъ директоръ и его помощникъ. Одинъ изъ нихъ долженъ быть филологомъ, а другой—математикомъ, физикомъ или естественникомъ. Оба они принимаютъ участіе въ университетскомъ совѣтѣ.

Школа имѣетъ два отдѣленія—филологическое и физико-математическое.

Въ слушатели принимаются молодые люди со степенью баккалавра послѣ предварительнаго конкурснаго экзамена. Всѣ студенты школы въ то же время иммтрикулированы въ Парижскомъ университетѣ на соотвѣтствующихъ факультетахъ и тамъ слушаютъ лекціи. Кромѣ того, въ стѣнахъ самой школы для нихъ организованъ рядъ курсовъ (conférences), отличающихся своеобразнымъ характеромъ. Это не лекціи въ обычномъ смыслѣ этого слова; это бесѣды, во время которыхъ преподаватели предлагаютъ вопросы слушателямъ, а слушатели въ свою очередь—профессорамъ, читаютъ рефераты и т. д.

Продолжительность курса три или четыре года. Будущіе преподаватели физики учатся четыре года. Въ теченіе перваго года слушатели получаютъ при университетѣ два Certificats d'études supérieures; второй годъ уходитъ на пріобрѣтеніе третьяго Certificat и полученіе, такимъ образомъ, степени licencié. Diplôme d'études supérieures de sciences physiques пріобрѣтается на третьемъ году пребыванія въ Нормальной школѣ. На второмъ и третьемъ году слушатели получаютъ профессіональное педагогическое образованіе, а послѣдній, четвертый годъ, готовятся къ экзамену на званіе agrégé и проходятъ въ теченіе трехъ мѣсяцевъ педагогическій стажъ по лицеямъ Парижа. Теоретическая подготовка къ педагогической дѣятельности начинается со 2-го года. Въ стѣнахъ школы читаются курсы по исторіи и организаціи образованія, по психологіи ребенка, по гигіенѣ и т. д

Послѣ полученія званія agrégé большинство слушателей школы покидаетъ ее, переходя въ ряды преподавателей въ лицеяхъ и коллежахъ. Нѣсколько человѣкъ обыкновенно бываютъ оставлены года на два для подготовленія къ профессорскому званію. Ихъ называютъ agrégés-préparateurs. Въ распоряженіи слушателей имѣется огромная спеціальная библіотека и прекрасная лабораторія.

Ежегодно принимаются на Section des sciences (физико-математическое и естественно-историческое отдѣленіе) не болѣе 22 слушателей. Фактически ихъ бываетъ меньше: такъ въ 1911 г. оказались принятыми лишь десять новыхъ слушателей.

Студенты всѣхъ секцій дѣлятся на двѣ группы: интерны и экстерны. Первые воспитываются на счетъ государства и живутъ въ стѣнахъ школы, подчиняясь довольно строгому режиму. Ихъ не можетъ быть болѣе 105 человѣкъ. Вторые лишь посѣщаютъ курсы и уплачиваютъ въ годъ отъ 750 до 1500 франковъ, смотря по имущественному состоянію. Принятые на казенный счетъ подписываютъ контрактъ съ государствомъ, обязуясь по окончаніи образованія служить 10 лѣтъ по министерству народнаго просвѣщенія; въ случаѣ прекращенія этой службы до срока они возвращаютъ казнѣ стоимость ихъ содержанія и обученія за время пребыванія въ школѣ. Кстати сказать, на такихъ условіяхъ можно по-

лучать стипендію, и не поступая въ Нормальную школу, но выдержавъ тотъ же экзаменъ, какой требуется при пріемѣ въ нее; стипендіи эти бываютъ въ 600, 900, 1200 и 1500 франковъ въ годъ

Въ текущемъ учебномъ году Conférences по физикѣ ведутъ H. Abraham, Brillouin и Cotton и по химіи Péchard и Lespicau.

Снаружи Нормальная школа (3, Rue d'Ulm) имѣетъ нѣсколько мрачный видъ. Бдительные консьержи внимательно слѣдятъ за всѣми входящими и выходящими, требуя соотвѣтствующихъ разрѣшеній. Въ разныхъ концахъ зданія расположены разные курсы. Зданіе изрѣзано корридорами, вдоль которыхъ тянутся двери „келій" воспитанниковъ. Кельи состоятъ изъ маленькой прихожей и довольно большой комнаты. Обстановка комнаты производитъ скромное, но симпатичное впечатлѣніе: широкій рабочій столъ, заваленный книгами и бумагами, вдоль стѣнъ полки съ книгами, аккуратно убранная постель, нѣсколько стульевъ. Среди книгъ—множество спеціальныхъ научныхъ и педагогическихъ журналовъ.

§ 7. Въ заключеніе укажу на размѣры вознагражденій преподавателей. Преподаватель—agrégé въ Парижѣ въ началѣ службы получаетъ годовой окладъ въ 6000 франковъ за 12 недѣльныхъ уроковъ и по 250 франковъ въ годъ за каждый лишній часъ въ недѣлю. Прибавки бываютъ приблизительно черезъ каждые четыре года и достигаютъ максимума 9500 франковъ за тѣ же 12 часовъ. Въ провинціи эти цифры нѣсколько ниже.

Частный урокъ по физикѣ съ опытами оплачивается въ Парижѣ приблизительно 15 франками.

Кіевъ.

---

# Гироскопическій компасъ нѣмецкаго флота.

Мориса Пино[1]).

Сравнительно недавно появилась идея замѣнить магнитный компасъ компасомъ гироскопическимъ. Къ этому преобразованію привели съ одной стороны серьезныя изслѣдованія въ этомъ направленіи, съ другой возрастающее потребленіе желѣза и стали при постройкахъ кораблей.

Извѣстно, на какомъ принципѣ основанъ магнитный компасъ: намагниченная стрѣлка, помѣщенная въ земномъ полѣ, постоянно стремится удержать одинъ изъ концовъ въ направленіи къ сѣверу. Слѣдовательно, онъ указываетъ опредѣленное направленіе въ любой точкѣ на землѣ и позволяетъ замѣчать путь, по которому слѣдуетъ корабль, измѣряя уголъ, образованный этимъ путемъ и направленіемъ стрѣлки компаса, лежащей въ плоскости магнитнаго меридіана. Извѣстная поправка на склоненіе позволяетъ намъ дѣлать переходъ отъ магнитнаго меридіана къ географическому.

Но на кораблѣ магнитная стрѣлка подвержена не только вліянію земного магнитизма: подъ дѣйствіемъ магнитизма, исходящаго изъ желѣзныхъ частей корабля, стрѣлка компаса отклоняется отъ магнитнаго меридіана на нѣкоторый уголъ, который носитъ названіе „девіаціи".

На новыхъ корабляхъ, построенныхъ цѣликомъ изъ желѣза или стали, девіація можетъ быть очень значительна. Посредствомъ особой „компенсаціи" девіацію компаса удается уменьшить и даже вовсе уничтожить; но эта операція очень

[1]) Maurice Pineau. Revue générale des sciences. № 16. 1912.

затруднительна и въ нѣкоторыхъ случаяхъ (компасъ подъ броней или въ блокгаузѣ) даже невозможна.

Какъ бы хорошо ни былъ компенсированъ магнитный компасъ, все же онъ подверженъ множеству вліяній, которыя могутъ сообщать ему совершенно анормальныя девіаціи, напримѣръ: нахожденіе судна въ мѣстностяхъ, гдѣ почва заключаетъ желѣзную руду; бури, сѣверныя сіянія, сосѣдство предметовъ, подверженныхъ сильному нагрѣванію (дымовыя трубы), пушечная пальба, приставаніе къ берегу, посадка на мель и вообще всякое сотрясеніе корпуса корабля и упорныя магнитныя индукціи послѣ долгаго плаванія у однихъ и тѣхъ-же береговъ.

Итакъ, было интересно найти такой компасъ, который былъ бы свободенъ отъ всѣхъ этихъ вредныхъ вліяній. Гироскопъ долженъ былъ неизбѣжно привлечь вниманіе изслѣдователей. Во Франціи эти изслѣдованія недавно закончились изобрѣтеніемъ компаса Лемера (Lemaire). Въ Германіи они шли быстрѣе, и, начиная съ 1908 г., всѣ военные корабли снабжаются этимъ новымъ компасомъ, значительно, впрочемъ, измѣненнымъ въ подробностяхъ.

## I.

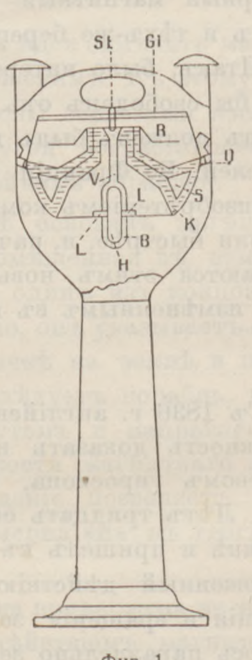
Съ 1836 г. англійскій профессоръ Лангъ указывалъ на возможность доказать вращеніе земли около своей оси посредствомъ гироскопа, свободнаго отъ дѣйствія силы тяжести. Лѣтъ тридцать спустя Фуко демонстрировалъ это на практикѣ и пришелъ къ заключенію, что всякій гироскопъ, подверженный дѣйствію силы тяжести, вслѣдствіе своего вращенія и вращенія земли долженъ стремиться направить свою ось параллельно земной оси. Въ 1900 г. д-ръ Аншюцъ-Кемпфе, стремясь практически устроить немагнитный компасъ, возобновилъ въ свою очередь опыты Фуко и началъ свои изслѣдованія съ гироскоповъ, находящихся внѣ дѣйствія силы тяжести. Не претендуя замѣнить собой магнитный компасъ, такой аппаратъ могъ оказать большія услуги.

На дѣлѣ, однако, очень трудно такъ подвѣсить гироскопъ, чтобы его центръ тяжести точно совпадалъ съ точкой подвѣса. Аншюцу это не удалось, и опыты, произведенные въ 1904 г. на борту „Ундины“, показали, что, несмотря

на всю ихъ сложность, изобрѣтенныя имъ средства были еще несовершенны.

Только два года спустя у Аншюца явилась мысль подвергнуть свой аппаратъ дѣйствію тяжести. На этотъ разъ онъ былъ на истинномъ пути и въ 1908 г. онъ испыталъ свой аппаратъ на кораблѣ „Дейчландъ". Послѣ четырехнедѣльныхъ испытаній нѣмецкій флотъ одобрилъ и принялъ его компасъ.

Компасъ Аншюца (фиг. 1) состоитъ изъ гироскопа *H*, заключеннаго въ коробкѣ *B*, которая поддерживаетъ концы *LL* его оси. Эта коробка связана съ поплавкомъ *S* посредствомъ части *V*, которая поддерживаетъ и розу *R*. Поплавокъ *S* представляетъ собой полый торъ, погруженный въ ртуть *Q*, заключенную въ сосудѣ *K*; этотъ торъ подвѣшенъ по методу Кардана. Степень его погруженія можетъ незначительно измѣняться. Плавающая система аппарата центрирована посредствомъ стержня *St*, который проходитъ через стекло *Gl*.




Фиг. 1.

Разрѣзъ компаса Аншюца.
H гироскопъ; L,L — его ось; B — колпакъ; S — поплавокъ, Q — ртуть; R — роза, K — сосудъ на кардановскомъ подвѣсѣ; St — шкворень; Gl — стекло.

Моторъ въ гироскопѣ трехфазный асинхронный. Токи двухъ фазъ передаются въ гироскопъ посредствомъ двухъ концентричныхъ ртутныхъ контактовъ, одинъ — через стержень *St*, а другой через проходъ, расположенный концентрически стержню. Токъ третьей фазы проходитъ черезъ сосудъ, поплавокъ и ртуть. На коробкѣ *B* находится статоръ, на которомъ сдѣлана обмотка, а роторъ заключенъ въ маховикѣ гироскопа, ось котораго имѣетъ гибкое соединеніе

Лаваля, вслѣдствіе чего, какъ только скорость вращенія достигаетъ критическаго значенія, центръ тяжести гироскопа остается на оси вращенія. Скорость вращенія достигаетъ 333 оборотовъ въ секунду.

Мы увидимъ сейчасъ приспособленіе, служащее одновременно и для охлажденія гироскопа, и для успокоенія случайныхъ колебаній.

Итакъ, вотъ все то, что необходимо для установки гироскопическаго компаса на кораблѣ: a) трансформаторъ, дающій возможность превратить постоянный токъ на кораблѣ въ перемѣнный; этотъ трансформаторъ обладаетъ средней мощностью въ 640 уаттъ и вращается со скоростью 2500 оборотовъ въ минуту, онъ можетъ быть построенъ для постояннаго тока любого напряженія; b) распредѣлительная доска и регулирующій реостатъ; c) одинъ или нѣсколько компасовъ, называемыхъ „главными", для передачи, посредствомъ цѣлой системы электрическихъ токовъ, ихъ показанія второстепеннымъ компасамъ, находящимся на разстояніи.

## II.

Мы не будемъ здѣсь касаться теоріи компаса Аншюца, такъ какъ это увлекло бы насъ слишкомъ далеко. Поэтому мы ограничимся лишь указаніемъ его основныхъ свойствъ.

Подобно магнитному, гироскопическій компасъ находится подъ дѣйствіемъ настоящей „направляющей силы": „очень простое разсужденіе", пишетъ д-ръ Аншюцъ, „доказываетъ, что вращеніе земли стремится привести ось нашего гироскопа въ плоскость меридіана. Легко провѣрить, что одинъ и тотъ-же ея конецъ постоянно направленъ къ сѣверу" [1]).

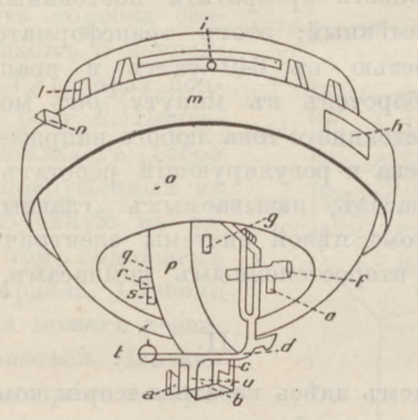
Плавающая система, состоящая изъ гироскопа и поплавка, обладаетъ свойствами настоящаго сложнаго маятника; это и побудило д-ра Аншюца искать особое приспособленіе для затуханія случайныхъ колебаній аппарата.

Гироскопъ, заключенный въ коробку $p$ (фиг. 2), образуетъ воздушную турбину, сосущую воздухъ черезъ отверстія $g$ и $q$ и выталкивающую его черезъ трубку $c$. Часть аппа-

[1]) См. проф. Дж. Пери. Вращающійся волчекъ. Одесса, 1912.

рата *u*, подвѣшенная перпендикулярно посредствомъ части *d*, раздѣляетъ скважину трубочки на два отверстія *a* и *b*.

Когда ось гироскопа находится въ горизонтальномъ положеніи, оба отверстія *a* и *b* равновелики. Когда же аппаратъ наклоняется, то одно изъ нихъ увеличивается, тогда какъ другое сокращается. Разница въ величинѣ реакцій воздушныхъ струй, выходящихъ изъ *a* и *b*, создаетъ пару вращенія вокругъ вертикали. Эта пара сообщаетъ оси гироскопа прецессіонное движеніе, которое заставляетъ ее возвратиться въ горизонтальную плоскость.




Фиг. 2

Успокоитель. *a*, *b*—отверстіе трубки; *c*—трубка сжатія; *d*—часть, поддерживающая *u* вертикально; *e*—смазка; *f*—подушечка оси; *g*—отверстіе для всасыванія; *h*—кругъ для кардановскаго подвѣса; *i*—кольцо для компаса; *l*—установочный винтъ; *m*—кругъ для кардановскаго подвѣса; *n*—ножъ внѣшняго круга подвѣса; *p*—коробка съ гироскопомъ; *y*—отверстіе для всасыванія; *r*—подушечка оси; *s*—смазка; *t*—противовѣсъ; *c*—сосудъ со ртутью.

Подобно тому, какъ магнитный компасъ подверженъ дѣйствію магнитнаго „наклоненія", гироскопическій компасъ испытываетъ всюду, кромѣ экватора, извѣстное отклоненіе, которое заставляетъ его ось выходить изъ горизонтальнаго положенія. Маленькій противовѣсъ позволяетъ привести ее въ нормальное положеніе. Эта компенсація, вычисленная для данной широты, должна измѣниться, если корабль совершаетъ большое перемѣщеніе по широтѣ.

Скорость хода корабля вліяетъ на показанія компаса. Эту скорость можно разложить на одну составляющую *E.*—*O.*,

которая алгебраически прибавляется къ вращенію земли, и другую *N.—S.*, которая вызываетъ вращеніе около линіи *E.—O.* и графически прибавляется къ вращенію земли. Компасъ указываетъ равнодѣйствующую этихъ двухъ силъ и, слѣдовательно, отклоняется на нѣкоторый уголъ $\delta$. Составляющая *E.—O.* будетъ увеличивать или уменьшать направляющую силу.

Измѣненіе скорости, оказывая свое дѣйствіе не въ центрѣ тяжести системы, а въ точкѣ подвѣса, влечетъ за собой другое отклоненіе $\mu$, равное нулю, если корабль слѣдуетъ по направленію *E.—O.*

На практикѣ направляющая сила современнаго гироскопическаго компаса въ 15 разъ больше силы магнитнаго компаса, и никакое внѣшнее вліяніе не можетъ ее измѣнить на кораблѣ.

Въ виду большой массы компаса онъ не можетъ быть увлеченъ быстрымъ поворотомъ судна, развѣ только въ томъ случаѣ, когда кругъ поворота совпадаетъ съ періодомъ колебанія, но передача на разстояніе уничтожаетъ дѣйствіе этого ничтожнаго уклоненія.

Движеніе боковой и килевой качки, а равно и колебанія машинъ, имѣютъ большее вліяніе. Отдѣльные толчки, какъ бы сильны они ни были, не имѣютъ никакого значенія. Дрожаніе же машинъ въ нѣкоторыхъ, особенно неблагопріятныхъ случаяхъ, можетъ сдѣлать показанія компаса ненадежными.

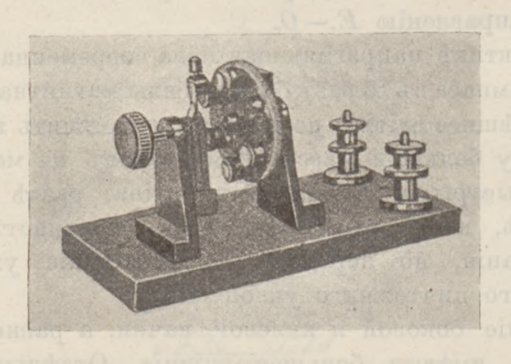
## III.

Этотъ краткій обзоръ даетъ намъ возможность понять всю цѣнность изобрѣтенія д-ра Аншюца. Мы видѣли выше, что германскій флотъ рѣшительно принялъ этотъ новый компасъ. Но, вѣроятно, и одинъ онъ сдѣлалъ новый аппаратъ единственнымъ приборомъ, управляющимъ его плаваніемъ. Да и цѣна его со всею установкою очень высока.

Кажется, наиболѣе правильнымъ рѣшеніемъ этого вопроса является то, которое принято итальянцами на „San Giorgio“. Они сохранили магнитный компасъ, какъ путевой, но вмѣстѣ съ тѣмъ приняли и гироскопическій компасъ, какъ провѣрочный. Они употребляютъ его для провѣрки путевого компаса, напримѣръ послѣ стрѣльбы, или для опредѣленія девіаціи въ открытомъ морѣ, когда нѣтъ солнца.

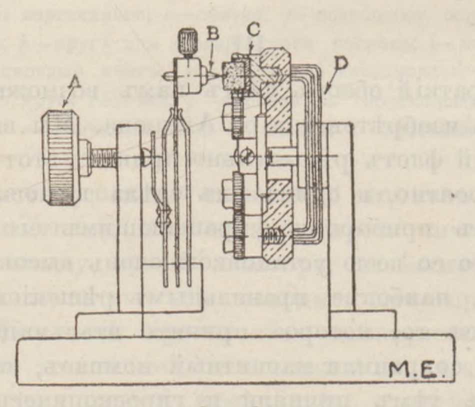
# Новый детекторъ Гельсбея.

Изъ всѣхъ новыхъ типовъ кристаллическихъ детекторовъ, детекторъ Гельсбея занимаетъ первое мѣсто; его конструкція представлена на фиг. 1-й и 2-й. Онъ отличается, главнымъ образомъ, слѣдующими особенностями: необычайной выносливостью по отношенію къ механическимъ воздѣйствіямъ, продолжительностью и равномѣрностью дѣйствія. Означенный детекторъ сдѣланъ изъ кристалловъ $PbS$ и при-



Фиг. 1.

годенъ для лабораторныхъ цѣлей и для примѣненія на станціяхъ безпроволочнаго телеграфа. Особая зернистая форма




Фиг. 2.

этого матеріала признана весьма чувствительной къ воспріятію электромагнитныхъ волнъ.

На фиг. 2-й представленъ разрѣзъ детектора. На вращающемся дискѣ укрѣплено 6-ть отдѣльныхъ держателей кристалловъ. Данный дискъ задерживается въ своемъ положеніи при помощи пружины *D*, которая давитъ на заднюю часть диска.

Дискъ этотъ вращается для того, чтобы можно было примѣнять попеременно куски кристалла, а также и для того, чтобы остріе контакта *B* соприкасалось съ различными частями кристалла. Точная установка и регулированіе контактнаго давленія производятся съ помощью винта *A*. Для того, чтобы достигнуть въ *PbS*—дектаторахъ хорошихъ результатовъ, необходимо весьма незначительное давленіе контактовъ, что достигается въ данномъ случаѣ регулированіемъ. Преимущество этой конструкціи заключается въ томъ, что она гарантируетъ постоянство контактнаго давленія, имѣющее громадное значеніе при передачѣ электромагнитныхъ волнъ въ безпроволочномъ телеграфѣ.

С.-Петербургъ. *Инж.-Элек. П. Стабинскій.*

---

## Хроника.

2. **Первый Всероссійскій Съѣздъ преподавателей физики, химіи и космографіи.**

Во время рождественскихъ каникулъ 1913—1914 гг., съ 27 декабря по 6 января, въ С.-Петербургѣ состоится Первый Всероссійскій Съѣздъ преподавателей физики, химіи и космографіи, организуемый Русскимъ физико-химическимъ обществомъ, состоящимъ при Императорскомъ С.-Петербургскомъ университетѣ. Программа и положеніе съѣзда утверждены г. Министромъ Внутреннихъ Дѣлъ 27 августа 1912 года.

Совѣтъ С.-Петербургскаго университета любезно согласился предоставить для занятій Съѣзда университетскія помѣщенія.

Для организаціи Съѣзда физическимъ и химическимъ отдѣленіями Русскаго физико-химическаго общества выдѣленъ особый комитетъ, который приступилъ къ организаціонной работѣ. Предсѣдателемъ Распорядительнаго коми-

тета избранъ проф. Орестъ Даниловичъ Хвольсонъ, товарищемъ предсѣдателя С. И. Созоновъ, секретарями А. А. Добіашъ и Н. Н. Соковнинъ.

Въ настоящее время Комитетъ прилагаетъ усилія къ привлеченію вниманія провинціальныхъ преподавателей къ организаціонной работѣ и дѣлаетъ шаги къ устройству мѣстныхъ отдѣловъ комитета.

Распорядительный комитетъ покорнѣйше проситъ лицъ и учрежденія, которыя будутъ оповѣщены, содѣйствовать распространенію свѣдѣній о предстоящемъ Съѣздѣ.

—

Адресъ для сношеній съ организаціоннымъ комитетомъ: С.-Петербургъ. Университетъ. Физическій Институтъ. Секретарю Распорядительнаго комитета съѣзда Александру Антоновичу Добіашу.

—

## ПОЛОЖЕНІЯ

### о „Первомъ Всероссійскомъ Съѣздѣ преподавателей физики, химіи и космографіи“.

1) Первый Всероссійскій Съѣздъ преподавателей физики, химіи и космографіи имѣетъ цѣлью способствовать успѣхамъ преподаванія физики, химіи и космографіи въ Россіи.

2) Членами Съѣзда могутъ быть преподаватели физики, химіи и космографіи, а также лица, интересующіяся вопросами преподаванія этихъ предметовъ.

3) Всякій, желающій вступить въ члены Съѣзда, вноситъ на расходы по устройству Съѣзда пять рублей и сообщаетъ свое имя, отчество, фамилію, точный адресъ и родъ занятій.

4) Съѣздъ устраивается Русскимъ физико-химическимъ обществомъ при Императорскомъ С.-Петербургскомъ университетѣ.

5) Съѣздъ имѣетъ быть въ С.-Петербургѣ съ 27-го декабря 1913 г. по 6-е января 1914 г.

—

## ПРОГРАММА

### „Перваго Всероссійскаго Съѣзда преподавателей физики, химіи и космографіи.

1) Рефераты по научнымъ вопросамъ.

2) Программы физики, химіи и космографіи.

3) Положеніе физики, химіи и космографіи среди другихъ образовательныхъ предметовъ.

4) Методы преподаванія физики, химіи и космографіи.

5) Постановка практическихъ занятій.

6) Подготовка преподавателей.

7) Учебники.

8) Устройство лабораторій и постановка класснаго эксперимента.

9) Рефераты учениковъ.

10) Экскурсіи съ учащимися.

При Съѣздѣ для его членовъ предполагается устройство выставки научныхъ и учебныхъ приборовъ, а также будутъ организованы экскурсіи.

*3. Московскій педагогическій институтъ имени П. Г. Шелапутина.* Кабинетъ физики. Оборудованіе кабинета физики было значительно облегчено тѣмъ, что еще въ 1908 г., по предложенію бывшаго попечителя Московскаго учебнаго округа А. М. Жданова, была образована подъ предсѣдательствомъ профессора Н. А. Умова комиссія преподавателей физики, которая весьма подробно разработала вопросъ о наиболѣе цѣлесообразномъ устройствѣ физической аудиторіи и лабораторіи, а также и о составѣ коллекцій приборовъ.

На оборудованіе физическаго кабинета, лабораторіи и аудиторіи назначено по смѣтѣ 22.000 руб., изъ нихъ собственно на приборы и остальныя учебныя пособія 17.500 р.

Къ началу октября 1911 г. преподавателемъ Н. В. Кашинымъ былъ представленъ Правленію Института планъ устройства аудиторіи, лабораторныхъ комнатъ и подробныя соображенія о пріобрѣтеніи физическихъ инструментовъ и предметовъ для оборудованія лабораторій. Этотъ планъ былъ утвержденъ Правленіемъ Института, и во второй половинѣ октября начались предусмотрѣнныя имъ работы, и были сданы заказы.

Рисунокъ амфитеатра и чертежи всей мебели были выполнены по указаніямъ академика Р. И. Клейна. При заказѣ мебели были приняты во вниманіе особенности помѣщеній и ихъ назначеніе.

Въ аудиторіи устроенъ большой экспериментальный столъ изъ трехъ частей: два крайніе стола по 4 арш., средній, подвижной—3 арш.; столъ дубовый, покрытъ линолеумомъ и снабженъ водой, газомъ и электричествомъ (трехфазный, перемѣнный и постоянный токи отъ умформера и аккумуляторовъ). Во всѣхъ лабораторныхъ комнатахъ установлены прочные столы для работъ и кронштейны для установки приборовъ. Шкафы для коллекцій приборовъ расположены вдоль стѣнъ коридора; внутри лабораторій помѣщены шкафы для измѣрительныхъ приборовъ и разныхъ лабораторныхъ принадлежностей. Въ мастерской устроенъ верстакъ, шкафы: вытяжной, для инструментовъ, для аккумуляторовъ (съ сильной тягой) и паяльный столъ. Тутъ же помѣщены самоточка, умформеръ (моторъ 5 силъ, динамомашина съ 2 коллекторами, 65ª· и 130ᵛ·) и распредѣлительный при немъ щитъ. Другой распредѣлительный щитъ находится въ аудиторіи.

Электротехническія работы произвела фирма „И. Стручковъ и В. Чибисовъ"; ею доставлены и установлены умформеръ, щиты и сдѣлана проводка тока (трехфазнаго, перемѣннаго и постояннаго) въ аудиторію (къ столу и фонарю) и во всѣ помѣщенія лабораторіи. Аккумуляторы постоянные (12 элементовъ, 90 амперъ-часовъ) и переносные доставлены фирмой Тюдоръ.

Проводка газа и воды, а также абсолютное затемненіе въ аудиторіи (система задергивающихся штор) и въ оптической комнатѣ выполнены фирмой Мюръ и Мерилизъ.

При обсужденіи вопроса о пріобрѣтеніи приборовъ были приняты во вниманіе разныя стороны предстоящаго дѣла. Лабораторія Педагогическаго Института должна имѣть въ виду слѣдующія цѣли: 1) слушателямъ необходимо пріобрѣсти навыкъ въ классномъ экспериментированьи и познакомиться съ наиболѣе распространенными типами приборовъ; 2) будущіе преподаватели должны умѣть содержать приборы въ исправности, производить ихъ ремонтъ и собирать само-

стоятельно хотя бы несложныя приспособленія для опытовъ; 3) имъ слѣдуетъ ознакомиться съ организаціей и веденіемъ ученическихъ практическихъ работъ, которыя въ послѣднее время пріобрѣтаютъ все большее и большее значеніе при изученіи физики; 4) желательно, чтобы слушатели имѣли возможность выполнять работы въ той области физики, которая представляетъ интересъ для нихъ самихъ.

Въ настоящее время значительная часть этого плана выполнена.

*4. Общество изученія и распространенія физическихъ наукъ въ Москвѣ.* Первое собраніе происходило въ актовой залѣ 1-го реальнаго училища. Собрались главнымъ образомъ преподаватели средне-учебныхъ и нѣкоторыхъ высшихъ учебныхъ заведеній. Предсѣдателемъ собранія избранъ А. В. Цингеръ. Первымъ общество привѣтствовалъ Т. П. Кравецъ отъ недавно возникшаго общества физическихъ наукъ имени П. Н. Лебедева. Привѣтствіе это было встрѣчено долго несмолкавшими апплодисментами. Затѣмъ привѣтствовали: А. Б. Млодзѣевскій—отъ математическаго кружка и М. П. Варрава—отъ общества распространенія естественно-научныхъ знаній.

А. В. Цингеръ сообщилъ, что получено разрѣшеніе созвать въ декабрѣ 1913 г. въ Петербургѣ съѣздъ преподавателей физики. Н. П. Леоновъ въ краткой рѣчи познакомилъ собраніе съ исторіей возникновенія общества на мѣсто закрытаго педагогическаго общества при университетѣ.

Н. А. Умовъ сказалъ рѣчь „Культурная роль физическихъ наукъ". Собраніе устроило лектору по окончаніи рѣчи шумную овацію.

Затѣмъ происходили выборы. Избраны: предсѣдателемъ правленія—Н. А. Умовъ, товарищемъ предсѣдателя—А. В. Цингеръ, секретаремъ—И. И. Соколовъ, казначеемъ—М. Ф. Бергъ, въ члены правленія—В. М. Воиновъ, Н. В. Кашинъ, Н. П. Леоновъ, М. В. Пономаренко, В. П. Романовъ и Б. С. Швецовъ, въ члены ревизіонной комиссіи: П. А. Барановъ, Л. И. Бирюковъ и Т. П. Кравецъ. Результатъ выборовъ встрѣченъ былъ бурными апплодисментами. Избраны въ почетные члены общества: Н. А. Умовъ, Н. Е. Жуковскій, А. А. Эйхенвальдъ, Б. К. Млодзѣевскій, С. А. Чаплыгинъ,

И. Ф. Усагинъ, изъ иногороднихъ—проф. Хвольсонъ, изъ иностранныхъ—берлинскій педагогъ Ф. Поске и гамбургскій Э. Гримзель. Членскій взносъ опредѣленъ былъ въ размѣрѣ 3-хъ рублей.

А. В. Цингеръ произнесъ рѣчь о ближайшихъ планахъ общества и выдвинулъ на первый планъ живую связь новаго общества съ передовыми естественно-научными обществами Москвы.

Къ первому собранію общества въ него записалось до 150-ти членовъ.

## Библіографія.

*2. Т. Ми.* Курсъ электричества и магнетизма. (Переводъ съ нѣмецкаго подъ ред. проф. О. Д. Хвольсона. Часть I-я Электростатика. Одесса, 1912 г. Цѣна курса 5 руб.

За послѣднее время взглядъ на сущность электромагнитныхъ явленій видоизмѣнился въ корнѣ. Обрывки новаго ученія разбросаны въ отдѣльныхъ мемуарахъ и предназначаются для людей, спеціально зачимающихся даннымъ вопросомъ. Профессоръ Т. Ми задался цѣлью переработать элементарные курсы Электричества и Магнетизма, вводя въ изложеніе новыя понятія объ эѳирѣ, химическомъ атомѣ, электронахъ, радіоактивности и даже о принципѣ относительности. Такъ какъ книга написана вполнѣ популярнымъ языкомъ и не требуетъ у читателя знанія высшей математики, то она является желанной не только для спеціалистовъ, но и для дилетанта, желающаго освѣжить свои познанія по электричеству и получить объясненія явленій на основаніи новѣйшихъ изслѣдованій и послѣднихъ геніальныхъ теоретическихъ работъ. Дальнѣйшіе выпуски должны появиться въ ближайшемъ времени. Особенно рекомендуемъ эту книгу преподавателямъ физики. *О. Страусъ.*

*3.* Handbuch der Spectroscopie von *Kayser*. Sechster Band. Verlag von *Hirzel* in Leipzig. 1912.

Указаннымъ томомъ заканчивается капитальное сочиненіе по спектроскопіи, безъ котораго невозможно обойтись всякому работающему въ этой или смежныхъ областяхъ.

Въ первоначальномъ планѣ труда имѣлось въ виду четыре первыхъ тома отдать теоріи и практикѣ спектраль-

ныхъ работъ, включивъ въ нихъ и сводку доселѣ добытыхъ результатовъ, 5-й же томъ посвятить астрофизикѣ. Со времени выпуска перваго тома въ 1900 г. обѣщанные четыре тома разрослись въ шесть, изъ которыхъ почти каждый слѣдующій значительно больше предыдущаго!

Шестой томъ, какъ и пятый, предназначенъ не только для лично работающихъ по спектроскопіи, но и для всѣхъ тѣхъ, кто нуждается въ результатахъ спектральныхъ изслѣдованій. Въ предыдущемъ томѣ разработаны спектры: Воздухъ – Азотъ, въ разсматриваемомъ: Натрій—Цирконъ. Какъ и тамъ, порядокъ изложенія таковъ: сперва идетъ перечень литературы по спектру даннаго элемента, потомъ обзоръ и оцѣнка сдѣланныхъ работъ, сжатое описаніе спектровъ и ихъ таблицы.

Приложеніе къ шестому тому составляютъ таблицы спектральныхъ полосъ (Bandenspectra), нормалей желѣза и прекрасная и содержательная таблица главныхъ линій элементовъ, расположенныхъ въ порядкѣ длинъ волнъ, что весьма удобно для спектроскописта-практика. Параллельная таблица значеній $\lambda^{-1}$, важная для теоретическихъ изслѣдованій, надо надѣяться, будетъ дана при новомъ изданіи сочиненія. Взамѣнъ разработки тома съ приложеніями спектральныхъ работъ къ астрофизикѣ, что оставляется на долю болѣе молодыхъ и свободныхъ въ своемъ времени, маститый авторъ рѣшилъ вернуться къ переизданію первыхъ томовъ (1-й и 2-й томы уже не имѣются въ продажѣ въ отдѣльности отъ другихъ). При значительномъ возрастаніи спектроскопическаго матеріала и его обновленіи это представляется весьма желательнымъ.

И при составленіи послѣдняго тома проф. Кайзеру помогалъ H. Konen (Мюнстеръ), перу котораго принадлежатъ элементы: натрій, рубидій, сѣра, селенъ, теллуръ.

Парижъ. *Сергѣй Поповъ.*

*4.* Das Relativitätsprinzip Eine Einführung in die Theorie, von *A. Brill*. 1912. B. Teubner. Leipzig & Berlin.

*5.* Vorlesungen zur Einführung in die Mechanik raumerfüllender Massen, von *A. Brill*. 1909. B. Teubner. Leipzig & Berlin.

Въ виду значительнаго интереса, возбуждаемаго принципомъ относительности въ широкомъ кругу читателей, въ на-

стоящее время стали появляться изложенія указаннаго принципа въ сравнительно элементарной формѣ[1]), внѣ связи съ теоріею дифференціальныхъ уравненій въ частныхъ производныхъ математической физики.

Такого пути придерживается въ данномъ случаѣ A. Brill. Статья его, напечатанная въ Jahresber. der Deutschen Mathematik-Vereinigung, появившаяся теперь отдѣльной брошюрой, представляетъ сводку небольшого каникулярнаго курса, прочитаннаго въ 1911 г. для учителей. Какъ извѣстно, творцы принципа относительности, Эйнштейнъ и Лоренцъ, опирались на электромагнитную теорію свѣта. Указанная брошюра слѣдуетъ не имъ, но формальному направленію, развитому Минковскимъ. Послѣ небольшого введенія, трактующаго о распространеніи звуковыхъ и свѣтовыхъ волнъ, авторъ, переходя къ кинематикѣ вопроса, обращается къ разсмотрѣнію самой общей группы Лоренцовскихъ преобразованій и разбираетъ затѣмъ подробнѣе простѣйшій случай и его групповыя свойства. Графическая интерпретація преобразованія простѣйшаго рода служитъ подготовкою для разбора геометрическаго значенія общаго Лоренцевскаго преобразованія.

Въ сжатомъ изложеніи динамики онъ пользуется четырехмѣрнымъ пространствомъ и останавливается на уравненіи живой силы, соотвѣтствующемъ 4-й координатѣ, времени. Теорія пояснена на двухъ примѣрахъ (исправляемъ два интеграла движенія динамическаго примѣра: подъ знакомъ гиперболическаго синуса должны стоять коэффиціенты $\frac{1}{a}$, $\frac{1}{b}$, а не $\gamma$). Статья оканчивается сравненіемъ уравненій движенія классической и релятивистической механики.

Изложеніе ясное, и могущія возникнуть трудности въ чтеніи объясняются свойствами вопроса.

Пользуемся случаемъ, чтобы одновременно обратить вниманіе читателя на другую работу того-же автора. Учащіеся не всегда имѣютъ достаточно времени, чтобы изучать предметъ, не являющійся прямою ихъ спеціальностью, по

---

[1]) Помимо указаннаго оттиска обращаемъ вниманіе читателя на статью Гарвардскаго проф. Гёнтингтона: Philosophical Magazine, April. 1912 г. или: Heinrich Weber Festcshrift (Teubner, 1912).

подробнымъ руководствамъ. Физику иногда некогда браться за объемистое сочиненіе по теоріи упругости или по гидродинамикѣ, а математику—разбираться въ новѣйшихъ электродинамическихъ теоріяхъ. Чтобы восполнить этотъ недостатокъ въ краткомъ учебникѣ по динамикѣ сплошныхъ массъ, профессоръ v. Brill недавно напечаталъ изложеніе своихъ лекцій о деформирующихся системахъ и механикѣ Гертца. Разбито оно на четыре части. Первая часть, какъ бы вводная, разсматриваетъ уравненія движенія матеріальныхъ точекъ и твердаго тѣла съ точки зрѣнія механики Герца. Вторая посвящена гидродинамикѣ и третья—упругимъ и quasi-упругимъ массамъ. Въ гидродинамикѣ разобрано вихревое движеніе жидкости, а въ теоріи упругусти задача Saint-Venant'a. Разсмотрѣніе свойствъ quasi-упругаго свѣтового агента составляетъ естественный переходъ къ четвертой части, электромагнитной теоріи свѣта, гдѣ только что выведенныя уравненія получаютъ другой смыслъ и значеніе. Отъ Максвеллевскихъ уравненій авторъ переходитъ къ электроникѣ и ею заканчиваетъ книгу. Вопросъ, какимъ образомъ въ книгу по механикѣ могли попасть электродинамическія теоріи, авторъ не безъ основанія устраняетъ указаніемъ на то, что результатъ ихъ, принципъ относительности, пробуетъ подорвать все стройное зданіе классической механики; важность этихъ новѣйшихъ воззрѣній для механики онъ считаетъ несомнѣнной.

Книга читается легко и издана тщательно. При просмотрѣ нами замѣчена только опечатка на стр. 213—214 при изложеніи аберраціи свѣта: вмѣсто $\frac{V-q}{1-\gamma q}$ должно стоять $\frac{\gamma-q}{1-\gamma q}$.

Парижъ. *Сергѣй Поповъ.*

6. *П. А. Долгушинъ.* Четырехзначныя таблицы логариѳмовъ чиселъ и тригонометрическихъ функцій. С.-Петербургъ - Кіевъ. 1911.

Стремленіе составителя, видное и изъ предлагаемыхъ таблицъ, развить въ ученикѣ средней школы сознательное осношеніе къ вычисленіямъ вообще и къ логариѳмическимъ въ частности, заслуживаетъ полнаго вниманія. Въ виду перегруженности курса математики въ средней школѣ П. А. Дол-

гушинъ предлагаетъ получить нужное для этого время сокращеніемъ размѣра чисто-механическихъ передѣлокъ въ логариѳмическихъ вычисленіяхъ, именно переходомъ отъ нынѣ употребляемыхъ пятизначныхъ таблицъ къ четырехзначнымъ. Мы не думаемъ, чтобы такой переходъ могъ возбудить какія-либо затрудненія; для тѣхъ упражненій по физикѣ, съ которыми имѣетъ дѣло ученикъ средней школы, четырехзначныя логариѳмическія таблицы—вспомогательный аппаратъ, вполнѣ достаточный; что же касается математическихъ задачъ, то цѣлью при упражненіи въ нихъ должна служить не столько точность результата, сколько сознательное отношеніе ученика къ возможной точности; въ курсѣ математики средней школы таблицы логариѳмовъ должны играть учебную, а не прикладную роль.

Сообразно выбранному направленію, П. А. Долгушинъ снабдилъ, и это можно только одобрить, изданныя таблицы не только объясненіемъ употребленія, но и нѣсколькими страницами теоріи табличныхъ вычисленій. Мы только отчасти не одобряемъ автора за допущенное имъ своеобразіе въ выраженіяхъ. Сухой и рѣзкій, но опредѣленный и точный языкъ математическаго анализа, съ которымъ сталкивается поступающій въ высшую школу, требуетъ привычки, и подготовлять учащагося къ этому единому, почти выкристаллизовавшемуся, способу выражаться и должна по возможности средняя школа. Поэтому отступать отъ принятыхъ школьныхъ выраженій намъ кажется возможнымъ только въ указанномъ направленіи.

Таблицы напечатаны четко, въ двѣ краски; если вырвать для пользованія въ отдѣльности послѣдній листъ, то онѣ дѣйствительно избавляютъ отъ перелистыванія; онѣ кажутся намъ вполнѣ удобными въ употребленіи. Въ цѣляхъ физики, пожалуй, желательно бы было прибавленіе краткой таблички основныхъ физическихъ постоянныхъ, что легко сдѣлать въ послѣдующемъ изданіи; тогда же слѣдуетъ исправить неудачную редакцію примѣчанія на стр. 20-й.

Начинаніямъ составителя желаемъ отъ души успѣха.

Парижъ. *Сергѣй Поповъ.*

---